KATAMNESEN VON OBERSCHENKEL- UND OBERARMFRAKTUREN. KLINISCHE UND RÖNTGENOLOGISCHE LÄNGENMESSERGEBNISSE MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES KNOCHENALTERS

Peter Kronast

1972

DISSERTATIONS – und FOTODRUCK FRANK oHG
8000 München 2 · Gabelsbergerstr. 15 · Tel.: 2 80 90 90

AUS DER KINDERCHIRURGISCHEN UNIVERSITÄTS-
KLINIK MÜNCHEN - GOETHE-PLATZ
Leiter: Prof. Dr. H. Bethke

KATAMNESEN VON OBERSCHENKEL- UND OBERARM-FRAKTUREN. KLINISCHE UND RÖNTGENOLOGISCHE LÄNGENMESSERGEBNISSE MIT BERÜCKSICHTIGUNG DES KNOCHENALTERS

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Peter Kronast
aus
Rosenheim/Obb.

München 1972

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität München

Referent: Priv. Doz. Dr. Pompino

Korreferent: Prof. Dr. Bethke

Dekan: Prof. Dr. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 31.7.1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

M E I N E N L I E B E N E L T E R N

I N D A N K B A R K E I T G E W I D M E T

I N H A L T S Ü B E R S I C H T

Seite

A. EINLEITUNG 4

B. HAUPTTEIL 5

I. Allgemeiner Teil

1. Frakturen des Oberschenkels 9

2. Frakturen des Oberarmes 14

3. Phänomen des überschießenden Längenwachstums nach Frakturen 21

3.1. Geschichtliches bis 1958 21

3.2. Heutiger Wissensstand 22

II. Spezieller Teil 30

1. Eigene Untersuchungen

1.1. Analyse des Krankengutes (1949 - 1969)

1.1.1. Lokalisation der Brüche des Femur und Humerus 32

1.1.2. Therapie der einzelnen Frakturen 34

1.1.3. Art der Frakturen 36

1.2. Methodik 38

1.2.1. Klinische Untersuchungen

1.2.2. Röntgenologische Untersuchungen 39

Seite

1.2.2.1. Längenmeßungen

1.2.2.2. Knochenalterbestimmung 43

2. Eigene Ergebnisse 44

2.1. Klinische Nachuntersuchungen

2.2. Klinischer Befund 46

2.2.1. Patienten mit Femurfrakturen

2.2.2. Patienten mit Humerusfrakturen 49

2.3. Klinische Längenmeßergebnisse 51

2.4. Röntgenologische Untersuchung 52

2.4.1. Längenmeßungen und Grafiken der einzelnen Knochen

2.4.2. Statistische Auswertung der Ergebnisse 57

C. DISKUSSION DER ERGEBNISSE 66

D. ZUSAMMENFASSUNG 78

E. LITERATURVERZEICHNIS 82

Einleitung

Ein gesteigertes Wachstum einzelner Röhrenknochen wird bei verschiedenen angeborenen oder erworbenen Erkrankungen im Kindesalter gelegentlich beobachtet (bei AV-Fisteln, angeborenen Varizen, Hämangiomen u.a.). Am häufigsten wird es jedoch als Erscheinung nach Frakturen im Wachstumsalter beschrieben. Die Meinungen über die Ursachen und das Ausmaß dieser Wachstumssteigerung sind sehr unterschiedlich. Außerdem werden die Konsequenzen, die sich auf Grund eines gesteigerten Wachstums für die Knochenbehandlung ergeben würden, von vielen Autoren in verschiedenartiger Weise gedeutet. In unserer Arbeit beschäftigen wir uns mit dem Problem, ob ein Mehrwachstum des Knochens nach einer Fraktur vorhanden ist und in wieweit dieser Wachstumsreiz nur den betroffenen oder auch die distal gelegenen Knochen in ihrem Längenwachstum stimuliert.

Hauptteil

I.Allgemeiner Teil

Den Frakturen im Wachstumsalter ist in der Vergangenheit nicht die Aufmerksamkeit gewidmet worden, die ihnen gebührt. Beim Studium großer traumatologischer Lehrbücher fällt auf, daß die Frakturen im kindlichen und jugendlichen Alter nur kurz oder überhaupt nicht abgehandelt werden. RETTIG (1957) meint, daß es falsch ist, eine Fraktur des wachsenden Skelettes mit den gleichen Behandlungsmethoden und der gleichen Nachbehandlung zu heilen, wie eine Fraktur im Erwachsenenalter. Diese Ansicht wird heute von den meisten Autoren vertreten.(SCHENK, 1957; REHBEIN, 1963; KREBS, 1960; BLOUNT, 1957). Man unterscheidet grundsätzlich Frakturen des Kindes von denen des Erwachsenen. EHALT (1958) läßt die früher allgemein übliche Meinung, daß das kindliche, wachsende Skelett Fehlstellungen durch den natürlichen Drang zur Geradeausrichtung ausgleichen kann, nur mehr bedingt gelten z.B. für Knochenbrüche als Geburtstrauma.

Anatomisch unterscheiden sich die langen Röhrenknochen bei Kindern von denen der Erwachsenen durch den etwas dickeren Periostschlauch. Deshalb kommt es zum Grünholzbruch, der ohne Bruchflächen eine starke Achsenknickung zeigt. BLOUNT läßt solche Frakturen sogar unreponiert,

wenn die Achsenknickung nicht mehr als 30 % beträgt. Der weitaus wichtigere Unterschied der kindlichen Röhrenknochen ist das Vorhandensein der Epiphysen bzw. der Epiphysenfugen, die nach EHALT einerseits bei Brüchen im Schaft zusammen mit dem Periost den Wachstumsausgleich bewirken, andererseits jedoch, falls sie lädiert werden, zu schweren Störungen führen können.

Alle kindlichen Frakturen nehmen eine Sonderstellung ein, die sich aus der Natur des wachsenden Knochens ergibt. Es können dadurch Fehlstellungen besser ausgeglichen werden. Jedoch ist der kindliche Knochen an den Wachstumsfugen verwundbar, sodaß Frakturen in diesem Bereich sich folgenschwer auswirken können. Diese Trias

- spontaner Ausgleich von Fehlstellungen
- Verwundbarkeit der Epiphyse
- überschießendes Längenwachstum

haben immer wieder zu einem Wandel in der Therapie kindlicher Frakturen geführt. Das konservative Verfahren (BLOUNT; BOEHLER, 1957) konkurriert mit dem operativen Vorgehen. Welcher therapeutische Weg eingeschlagen werden soll, wird im wesentlichen von den Spätergebnissen diktiert.

Oberschenkel- und Oberarmfrakturen treten im Kindesalter häufig auf. Meist sind sie traumatischer Genese, selten jedoch Spontanfrakturen auf Grund pathologischer Erscheinungen des Gesamtorganismus. Besonders zu berücksichtigen sind viele geburtstraumatische Oberarmfrakturen. Sie sind meist iatrogener Genese bei Steißlage des Kindes.

Beim Kind und beim Jugendlichen sind die Heilungsvorgänge bei Frakturen nicht wie beim Erwachsenen rein auf die Bruchstelle beschränkt. Infolge weiten Abrißes des Periosts und der Stimulierung des Epiphysenknorpels wird der gesamte Knochen umstrukturiert (BLOUNT). Hierbei können selbst beträchtliche Verunstaltungen, die nach der Reposition der Fraktur zurückgeblieben sind, ausgeglichen werden. Beim Erwachsenen hängt die Funktion von der Wiederherstellung der anatomischen Form ab, beim Kinde schafft die Funktion die wünschenswerte Form (GANGIER).

Wachstumsveränderungen treten unabhängig vom Alter des Kindes innerhalb der ersten Wochen und Monate nach dem Trauma auf. Dauer und Intensität der Umbauvorgänge während der Frakturheilung bestimmen das Wachstumsergebnis. Bei ideal reponierten Knochenbrüchen sind die Umbauvorgänge am

geringsten; daher soll auch bei kindlichen Frakturen eine möglichst optimale Einrichtung erstrebt werden. (BOEHLER, DAUM)

In der Unfallheilkunde erfordern die anatomischen und physiologischen Besonderheiten, in unserem Fall die Frakturen der langen Röhrenknochen, ganz besondere therapeutische Konsequenzen. So soll die Verschiebung der Fragmente möglichst bald behoben werden. Dies gilt besonders für Rotationsfehler. Ein ungünstiges Repositionsergebnis kann bei Kindern zu Veränderungen an den Wachstumsfugen führen. Es kann dabei eine Verstärkung der Fehlform eintreten, die primär nicht genügend beachtet worden war.(BLOUNT, 1949; BRO-RASMUSSEN, 1959).

Viele traumatische Verletzungen im Bereich der Epiphyse, die sich nicht korrigieren oder nicht korrigiert werden, verschlechtern sich im Laufe des Wachstums. NIEMANN und GREWE (1966) stellen folgende Grundsätze auf, mit denen bei Epiphysenfrakturen störendeWachstumseffekte weitgehend vermieden werden können:

- Die Schonung des Gewebes steht im Rang höher als die Exaktheit der Reposition.
- Der konservativen Therapie sollte der Vorzug gegeben werden.

JAHNA (1959) vertritt die Ansicht, daß die gewöhnlichen Epiphysenlösungen,die Abscherbrüche, in

der Regel ohne Beeinträchtigung des Wachstums ausheilen. Nur wenn die Kraft, die das Trauma bewirkt, axial auftritt, tritt eine Wachstumsstörung auf.

Eine Methode der Wahl zur Behandlung kindlicher Oberarm- und Oberschenkelfrakturen existiert nicht. Zwar postulieren die meisten Autoren (AVELLAN, 1933; GROß, 1957; BLOUNT; BOEHLER L.), daß die konservative Therapie in den meisten Fällen ein ausreichendes Ergebnis erzielt, jedoch kann man in den letzten Jahren eine zunehmende Tendenz zur operativen Versorgung der Frakturen feststellen.

1. Frakturen des Oberschenkels

Während bei der konservativen Behandlung von Femurfrakturen fast übereinstimmend die ein- oder doppelseitige RUSSEL-Extension angewendet wird, bevorzugen NEER (1957); DAMERON (1959) und WEBER (1963) vor allem bei älteren Kindern die Drahtextension mit dem STEINMANN-Nagel.

GEBHARDT und GEBAUER (1937) halten die Drahtextension jedoch nicht für harmlos. Neben der Infektionsgefahr weisen sie zusammen mit TITZE (1957) J. BOEHLER (1957) und BLOUNT darauf hin, daß die Drahtextension Wachstumsstörungen verursachen kann. TITZE beobachtet in vier Fällen Störungen des Wachstums der Epiphyse oder Störungen der Kniegelenksfunktion; diese traten jeweils nach Extensionsbe-

handlung mit Drähten oder Nägeln im Bereich des distalten Oberschenkels bzw. des Schienbeinkopfes auf. Auch die RUSSEL-Extension wird nicht in allen Fällen komplikationslos vertragen. Bei ungebähr 6 - 7 % kommt es zu einer Alteration der Haut, welche zum Abnehmen des Heftpflasterverbandes zwingt.

SCHENK jedoch gibt bei 107 Heftpflasterextensionen nur 12 leichte Rötung und Reizung, 3 stärkere und 2 schwere Hautaffektionen an, wobei nur bei den beiden letzteren der Heftpflasterzug abgenommen werden mußte. Nach SCHÜTTEMEYER und FLACH (1950) läßt sich jedoch eine Neuanlegung des Heftpflasterstreifens in den meisten Fällen kaum vermeiden. Die Altersgrenze bis zu der die Heftpflasterextension angewandt werden kann, schwankt nach oben mit dem jeweiligen Zustand der körperlichen Entwicklung des Patienten. Für KREBS und STREICHER (1960) ist die Heftpflasterextension nach manueller Reposition bis zum 6. - 8. Lebensjahr indiziert. SCHÜTTEMEYER und FLACH halten bei Femurfrakturen die Drahtextension durch die Tuberositas tibiae, unblutige Reposition und Gipsverband ab dem 5. Lebensjahr für angezeigt. Durch die Extension wird nach Meinung vieler Autoren (MATTI, 1937; GEBHARD; RETTIG; GROß u.a.), wenn sie richtig angelegt, gut überwacht und lange genug gelassen

wird, ein gutes anatomisches und funktionelles Ergebnis erzielt. Ein Nachteil der Extensionsbehandlung ist nach DAUM et alt. (1968) darin zu sehen, daß der Bandapparat überdehnt wird, woraus spätere funktionelle Störungen resultieren können. Für REHBEIN und HOFMANN besteht die Schwierigkeit der Extensionsbehandlung darin, daß eine geringere Verkürzung beibehalten und trotzdem eine gerade Achse und richtige Torsionsstellung erzielt werden muß. Allerdings ist nach konservativer Behandlung ein gewißer spontaner Ausgleich von Fehlstellungen möglich. So verschwinden seitliche Verschiebungen um volle Schaftbreite nach kurzer Zeit. Nach BLOUNT führt eine seitliche Verschiebung sogar zu einer schnelleren Heilung als ein End-zu-End-Kontakt. Auch Verkürzungen von 1 - 1,5 cm korrigieren sich bei langen Röhrenknochen spontan, so daß J. BÖHLER sogar eine Verkürzung von 1 - 2 cm für wünschenswert hält und BLOUNT eine Verkürzung von 1 cm als ideal ansieht.

Torsionsfehler nach kindlichen Schaftfrakturen gleichen sinh nach SCHÜTTEMEYER und FLACH nie aus. Deshalb sind kombinierte Fehlstellungen sehr problematisch. Sie werden auch durch das Wachstum nicht beeinflußt (BLOUNT; WEBER; VONTOBEL? JONASCH; SCHÜTTEMEYER und FLACH; J. BÖHLER).

Vom 10. Lebensjahr ab, ausnahmsweise schon etwas früher, führen RETTIG und KREBS bei Querbrüchen im mittleren und oberen Drittel des Femur mit unbefriedigender Stellung und Weichteilinterposition die Marknagelung durch. DAUM; METZGER; KÜRSCHNER und HECKER dagegen sehen eine Operation dann indiziert, wenn die Kinder älter als 6 Jahre sind oder bei jüngeren Kindern die Heftpflasterextension nach mehrmaliger Kontrolle kein befriedigendes Ergebnis erwarten läßt. Nach ihrer Meinung und auch der von REHBEIN; HOFMANN; HACKETHAL; TURETTINI, (1947) bringt die Femurmarknagelung praktisch immer eine einwandfreie Reposition und vermeidet Achsenabknikkungen und Torsionen.

Gegen die Marknagelung wird von den Befürwortern der konservativen Behandlung die erhöhte Infektionsgefahr einer Osteomyelitis und Ostitis angeführt (SCHENCK; VONTOBEL; TRUESDELL 1921; SCHÜTTEMEYER und FLACH; BARFORD 1959). Ein weiteres Argument der Gegner der Marknagelung stellt die Gefahr der Fettembolie dar, die nach RETTIG beim Kind häufiger vorkommt als beim Erwachsenen. Auch AITKEN (1940), BLOMQUIST (1943) und BLOUNT vertreten die Auffassung, daß eine gut durchgeführte, konservative Therapie bessere Resultate

bei geringeren Risiken ergibt als eine ideale Reposition und Fragmentenstellung durch Osteosynthese. Sie halten den Befürwortern der Osteosynthese kindlicher Femurschaftfrakturen (SCHNEIDER 1950; LIEBOLDT 1957; MAU 1957) das Operationsrisiko, die Infektionsgefahr und die Notwendigkeit eines zweiten Eingriffes zur Entfernung des Osteosynthesematerials entgegen. Des Weiteren wird der operativen Behandlung nachgesagt, daß sie ein besonders ausgiebiges, überschießendes Längenwachstum hervorrufe. (BLOMQUIST und RUDSTROEM). Diese Ansicht konnten jedoch SCHÜTTEMEYER und FLACH sowie DAUM et alii nicht bestätigen. SCHÜTTEMEYER stellte fest, daß durch die Marknagelung und durch Cerclagen kein verstärktes Längenwachstum auftrat. Nach seinen Untersuchungen ergab sich bei konservativ behandelten Frakturen eine durchschnittliche Verlängerung von 0,67 cm und bei operativ behandelten Frakturen mit Küntschernagelung von 0,54 cm und mit Cerclage von 1,03 cm. In der Nachuntersuchung von DAUM betrug das Ausmaß des Mehrwachstums bei operativer Behandlung (Marknagelung) 1,13 cm, bei konservativer Behandlung 0,92 cm. Die nur kleine Differenz kann als Beweis dafür angesehen werden, daß die Marknagelung keinen oder nur einen sehr geringen zusätzlichen Wachs-

tumsreiz ausübt. Auch REHBEIN und HOFMANN sowie JUNGE (1951) halten die Reizwirkung des Marknagels nur für gering und kurzdauernd, sodaß man nicht von einer Schädigung sprechen kann. Als auffallend betrachten DAUM et alii jedoch das Ergebnis nach Cerclagen. Von 7 Cerclagen zeigten 3 eine Längenzunahme von mehr als 2 cm. Ihrer Meinung nach bewirkt die Cerclage eine beträchtliche Wachstumsbeschleunigung und soll deshalb möglichst vermieden werden.

2. Frakturen des Oberarmes

Bei Oberarmfrakturen neigt man weitaus weniger zur operativen Versorgung des Bruches, sondern gibt der konservativen Behandlungsmethode (BLOUNT) meist den Vorzug. Die relative Häufigkeit von Frakturen der oberen Extremität im Kindesalter beruht nach KREBS und STREICHER auf einer gewißen Kopflastigkeit des Kindes als Folge seiner vom Erwachsenen unterschiedlichen Proportion.

Bei Epiphysenlösungen am proximalen Oberarm bzw. bei Oberarmbrüchen im proximalen Drittel gleichen sich auch schwere Achsenknickungen praktisch vollkommen aus und zwar dadurch, daß die Knickungsstelle nach distal wandert und abflacht.

JEFFERY empfiehlt die Reposition und Fixierung nach der Methode WHITMAN: Abduktion bis 35 °, Vorhalte bis30 ° mittlere Drehstellung im Schultergelenk. Dadurch kommen die Drehmuskeln ins Gleichgewicht und die vorderen, deckenden meist verletzten Weichteile sind entspannt. CHRISTIDI hat wegen der Schwierigkeit, ein gutes Repositionsergebnis zu halten, die Verletzungen der proximalen Humerus-Epiphyse reporniert und genagelt.

Schaftfrakturen am Oberarm sind nach SULLIVAN 3 mal seltener bei Kindern unter 6 Jahren als bei älteren Kindern. Dabei ist eine ideale Reposition zwar wünschenswert, aber nicht unbedingt erforderlich, da ein regelrechter Umbau zur normalen Form in 1 - 3 Jahren fast immer erfolgt (BLOUNT). Bei der unblutigen Reposition werden die beiden Fragmente des frakturierten Humerus verzahnt. Unter Umständen ist man bei älteren Jugendlichen in seltenen Fällen gezwungen, Frakturen, deren Repositionsergebnis nicht erhalten werden kann, mit der Küntschernagelung zu stellen und zu fixieren. (SCHNEIDER). Schräg- und Spiralbrüche des Oberarmes lassen sich bei Kindern und Jugendlichen in der von BOEHLER geschilderten Methode mit U-Gipsschiene und Fixierung am Rumpf gut einrichten und fixieren. Nach Abnahme des Verbandes bestehen keine

wesentlichen Bewegungseinschränkungen in den Gelenken.

Die häufigere Frakturform der oberen Extremität ist jedoch der supracondyläre Oberarmbruch. Nach dem Unfallmechanismus unterscheidet man die Extensionsfrakturen (Verschiebung des distalen Fragmentes nach hinten oben) und die wesentlich selteneren Flexionsfrakturen (Verschiebung des distalen Fragmentes in die Ellenbeuge). Die Gefahr einer Gefäß- und Nervenschädigung ist bei den Extensionsfrakturen wesentlich größer. So sollte vor der Reposition und Anlegen eines Gipsverbandes stets die Nervenfunktion und die Durchblutung geprüft werden. Beim supracondylären Oberarmbruch gleicht sich eine Achsenknickung niemals aus, vollkommen dagegen die Parallelverschiebung und die dadurch bedingte Stufe an der Vorderseite des distalen Oberarmes. Die dabei auftretende Antekurvation stört nicht wesentlich (v.d.HOFF, 1943).

Bei der Reposition empfiehlt GROß folgendes Vorgehen: Stetiger Zug am rechtwinklig gebeugten Vorderarm. Nach Beseitigung der Verkürzung maximale Flexion im Ellbogengelenk, wobei der Puls der Arteria radialis noch palpabel sein muß.

Danach wird eine gepolsterte Gipsschiene angelegt und der Arm hochgelagert. Ergibt die erste Reposition kein zufriedenstellendes Ergebnis, kann nach einigen Tagen, wenn das Ellbogengelenk abgeschwollen ist, nochmals ein Repositionsversuch gemacht werden. Erst wenn dieser erfolglos sein sollte, ist nach GROB und KREBS et alii eine blutige Stellung der Fragmente und Fixierung mittels zweier gekreuzter Bohrdrähte indiziert. Von einer blutigen offenen Reposition der supracondylären Oberarmfraktur mit dorsaler Aufklappung des Gelenks sieht GROB auf Grund möglicher partieller Versteifung in mindestens 2 % der Fälle ab.

Die Fixierung erfolgt anfangs durch eine Oberarmgipsschiene, die von der Schulter bis zu den Fingergrundgelenken reicht. Später nach Abschwellen des Ellbogengelenks wird der Verband zu einem circulären Gipsverband vervollständigt. Nach 4 - 6 Wochen kann der Gipsverband entfernt und der Arm freigegeben werden (GROB, KREBS und STREICHER).

An Komplikationen sind die ischämischen Kontraktur, die Verletzung der Arteria cubiti und die Nervenschädigung zu nennen. Schädigungen des Nervus radialis und medianus sind am häufigsten (SIMON). Massage und passive Bewegungsübungen sind nach JAHNA unbedingt zu unterlassen. Sie führen zu Reizerscheinungen im Gelenk, zu Kapselschwellungen,

indurativen Ödem und damit im Endeffekt zu stärkeren Bewegungseinschränkungen als ohne ihre Anwendung zu erwarten gewesen wäre (STREICHER; BOEHLER).

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß es beim supracondylären Oberarmbruch auch ohne ein ideales Repositionsergebnis zu einem anatomisch und funktionell zufriedenstellenden Endergebnis kommen kann. Eine ideale, alle Komplikationen vermeidende Behandlungstechnik gibt es nicht. RETTIG rät, auf jeden Fall die konservative Behandlung zu versuchen. Als Indikation für die operative Behandlung sieht RETTIG:

- ohne Erfolg zuvor unblutig gestellte Frakturen
- veraltete Fälle mit schlechter Frakturstellung
- frische Verletzungen mit Repositionshindernissen sowie Gefäß- und Nervenschädigungen.

BLOUNT empfiehlt, falls noch keine Schwellung eingetreten ist, die unblutige Reposition und Immobilisation in Beugestellung. Bei starker Schwellung sollte kein Repositionsversuch unternommen

werden, da es dann nicht mehr möglich ist, den Ellbogen genügend zu beugen, ohne daß es zu Zirkulationsstörungen kommt. Von einer operativen Behandlung rät BLOUNT ab, da häufig Bewegungseinschränkungen im Ellbogengelenk zurückbleiben. Ebenfalls lehnt er die percutane Fixation ab. Zur Ruhigstellung schlägt BLOUNT das Anlegen einer Manschette mit einer elastischen Binde vor, wobei der Arm in Beugestellung ruht.

BRO-RASMUSSEN und IVERSIN empfehlen zur Behandlung der supracondylären Frakturen manuellen Zug am Vorderarm bei 90 ° abduzierten Arm, wobei das Ellbogengelenk über dem Rand des Armtisches bei proniertem Unterarm gebeugt wird. Anschließend wird ein Gipsverband von der Schulter bis zu den Metacarpophalangealgelenken für 3 - 6 Wochen angelegt. EKESPARRE führt bei supracondylären Frakturen ohne oder mit geringer Dislokation die manuelle Reposition und Ruhigstellung mittels einer Gipslonguette durch. Frakturen mit völliger Durchtrennung der Fragmente werden von ihm mit Schraubenextension behandelt. Dabei wird an der proximalen Ulna eine vertikale Extension und am proximalen Humerusfragment ein dorsaler Gegenzug angebracht.

Eine Reihe von Autoren sind jedoch nicht mit den erreichten Therapieerfolgen der konservativen Behandlungsmethode zufrieden. Besonders die Fixierung zeigt so große Probleme, daß eine Menge operativer Wege zur Behandlung eingeschlagen werden. CHRISTIDI nagelt die supracondylären Humerusfrakturen so, wie er auch die Nagelung bei Epiphysenfrakturen anderer Lokalisation empfiehlt. Die percutane Nagelung wird von NIEHAUS angegeben. BLOCK, EDELHOFF, LEPAN und DUTHOIT sprechen sich für die Reposition und Fixierung mit Kirschnerdraht aus. Man sollte jedoch die Indikation zur operativen Behandlung der supracondylären Oberarmfrakturen streng stellen und auf jeden Fall zuerst die konservative Einrichtung und Ruhigstellung versuchen. Nur wenn die konservativen Maßnahmen nicht zum Ziele führen, sind operative Wege angezeigt! (BLOUNT; RETTIG; JAHNA). Auch hier ist bei der Indikationsstellung zur Operation wichtig zu wissen, daß ein Wachstumsausgleich auch bei mäßig guter Stellung der Fraktur ohne weiteres möglich ist und noch nach Jahren bei gutem funktionellen Ergebnis eine Angleichung an die anatomische Form schafft.

Die Frage des Mehrwachstums des frakturierten Knochens gegenüber dem gesunden wird von den meisten Autoren bei Oberarmfrakturen als unbedeutend hingestellt, da ja die Arme mit der Statik und Belastbarkeit des Skelettsystems wenig in Zusammenhang gebracht werden können. Ein um 2 cm verlängertes Humerus bringt im Gegensatz zu einem um dasselbe Maß verlängerten Femur keine Komplikationen mit sich.

3. Das überschießende Längenwachstum nach Frakturen

3.1. Geschichtliches bis 1958

Ein vermehrtes Längenwachstums des kindlichen Knochens nach traumatischen oder entzündlichen Affektionen war bereits Ende des vergangenen Jahrhunderts aufgefallen. OLLIER, 1867; LANGENBECK, 1869). Erst 1921 wurde dieses Phänomen von TRUESDELL erneut diskutiert. Er erkannte, daß die Extremitäten von Kindern und Jugendlichen im Anschluß an eine Fraktur stärker wachsen. AITKEN (1940) und BLOMQUIST sowie RUDSTROEM (1943) stellten in ihren Arbeiten später fest, daß Frakturen des Femur eine Wachstumsbeschleunigung des betroffenen Knochens bewirken; d.h.die Epiphysen des frakturierten Knochens verknöchern eher als auf der nicht frakturierten Seite. Ausgenommen dabei sind Brüche, die die Epiphyse selbst betreffen (BLOUNT

und SCHAEFER 1944; SCHAEFER 1951). Deshalb nimmt PEASE (1957) bei der Reposition von Femurschaftbrüchen eine Verkürzung der gebrochenen Extremität bis zu 2 cm in Kauf, NEER and CADMAN sogar bis zu 3 cm, die sich im Verlauf des Wachstums wieder gegenüber der nicht gebrochenen Extremität ausgleicht. BLOUNT, EHALT und VONTOBEL empfehlen sogar, bei jeder Reposition von Oberschenkelbrüchen eine bewußte Verkürzung von 1 bis 2 cm herbeizuführen, um das anschließend verstärkte Längenwachstum von vorneherein zu kompensieren. HEDBERG und ODELL et alii streben dagegen eine möglichst ideale Reposition der Frakturenden an, da sie den nachfolgenden Längenzuwachs für gering halten.

3.2. Wissensstand von heute

Die Wachstumssteigerung am frakturierten Knochen ist nach BARFORD und CHRISTENSEN (1958) vom Ausmaß der Verkürzung abhängig, die primär belassen wurde. Dementsprechend ist mit einer umso stärkeren Wachstumssteigerung zu rechnen, je größer die primäre Verkürzung ist. Dem gegenüber glauben NEER, BLOMQUIST und RUDSTROEM u.a., daß die verstärkte Callusbildung die Ursache des vermehrten Längenwachstums ist, wenn die Bruchenden

dabei nebeneinander stehen. EMNEUS (1957) bestreitet jedoch jeglichen Zusammenhang zwischen dem Grad der Dislokation eines Bruches, dem Verlauf der Frakturheilung und dem zu erwartenden verstärkten Längenwachstum des frakturierten Knochens.

In Bezug auf die Dauer der Wachstumsstimulation nach Frakturen vertritt JONASCH die Ansicht, daß der einmal eingetretene Längenzuwachs erhalten bleibt. SCHENK, ODELL und LEYDIG glauben jedoch, daß nach anfengs überschießendem Wachstum in einer zweiten Periode eine ausgleichende Verlangsamung des Längenwachstums eintritt. Auch sind sie der Meinung, daß es nachdem die Wachstumsperiode abgeschloßen ist, durch vorzeitige Verknöcherung der Epiphysen des frakturierten Knochens zu einem Längenausgleich gegenüber der nicht betroffenen, gesunden Extremität komme.

1961 wiesen SINGER und KRAFT nach Frakturen langer Röhrenknochen des Kindes - ausgenommen Grünholzfrakturen und Infraktionen - eine vorübergehende Wachstumssteigerung der betroffenen Extremität von durchschnittlich 1 cm, jedoch selten mehr als 1,5 cm nach. Bei 17 Kindern, die eine Femurfraktur erlitten hatten und im Augenblick des Unfallereignisses 3/4 bis 12 Jahre alt waren, fand sich bei

der Nachuntersuchung (10 bis 44 Monate später) dieses zusätzliche Mehrwachstum von mindestens 0,6 cm bei höchstens 2,4 cm. Ein unterschiedliches Verhalten einzelner Altersgruppen wurde nicht festgestellt. Als Meßmethode verwendeten SINGER und KRAFT die Vergleichsradiographie mit standartisierten Fokus-Filmabstand. Sie vertreten die Ansicht, daß der wachsende Knochen des Kindes die Fähigkeit besitzt, acquirierte Veränderungen seiner Form, z. B. auf Grund eines Traumas, im Laufe des Wachstums in großem Umfange auszugleichen. Dabei ist nach EHALT das Ausmaß dieser Umbauleistung beim Neugeborenen fast ideal und läßt nach dem 8. bis 10. Lebensjahr nach. Die Ausgleichstendenz ist jedoch an verschiedenen Körperstellen variabel.

Von besonderem Interesse ist dabei das Verhalten des Längenwachstums, welches sich häufig vorteilhaft, manchmal aber auch nachteilig auswirken kann. So findet man nach Frakturen, die zunächst unter einer gewißen Verkürzung konsolidiert waren, bei der Nachuntersuchung häufig, daß sich die Längendifferenzen vollkommen ausgeglichen haben. Andererseits können oft Frakturen, die gut reponiert und auf die gleiche Knochenlänge der entsprechenden nicht frakturierten Extremität ausgerichtet waren,

eine Verlängerung von oft 2 cm aufweisen. Dieser Längenzuwachs, der auf ein vermehrtes Wachstum des Knochen zurückzuführen ist, kann jedoch auch bei:

- Osteomyelitiden
- Entnahme von Knochenspänen
- entzündlichen Gelenkaffektionen
  (z. B. Kniegelenkstuberkulose)

beobachtet werden (SINGER und KRAFT).

Nachdem es sich also in ihren Untersuchungsreihen erwiesen hatte, daß Röhrenknochen im Anschluß an Frakturen oder entzündlichen Prozeßen ein vermehrtes Längenwachstum zeigten, suchten SINGER und KRAFT ein Erklärung dafür. Sie stellen sich vor, daß durch das Trauma die Versorgung der Arteria nutricia gestört wird und dann eine kompensatorische Blutzufuhr von den meta- und epiphysären Enden her erfolgt. Auf diese Weise wird das Epiphysengebiet wesentlich stärker von Blut durchströmt. Dabei ist es nicht die epiphysennahe Schädigung, die besonders wachstumsbeschleunigend wirkt, sondern es hat den Anschein, daß gerade bei Läsionen des mittleren Diaphysendrittels das Längenwachstum am größten ist. Die Hyperämie ist ihrer Meinung nach abhängig vom Ausmaß der Blutzirkulationsstörung im Gebiet der Arteria nutricia. Als einen weiteren Faktor für die vorübergehende Wachstumsbe-

schleunigung sahen sie das Bruchhämatom und die Gewebsschädigung im Frakturbereich an, die in gewißem Umfange mit einer sekundären Hyperämie der Umgebung verbunden sind. Neben den rein mechanischen Faktoren spielen nach SINGER und KRAFT auch humorale und neurale Reflexmechanismen eine wesentliche Rolle. Sie meinen, daß die vorübergehende Wachstumsbeschleunigung Ausdruck eines komplexen Geschehens ist, bei dem mehrere Faktoren synergistisch wirken, und zwar so lange, bis die alten Gefäßverhältnisse wiederhergestellt sind.

An der chirurgischen Universitätsklinik Tübingen haben FLACH und KUDLICH kindliche Ober- und Unterschenkelfrakturen nachuntersucht und dabei in der Regel Verlängerungen von wenigen Millimetern bis maximal 2,5 cm festgestellt. Bei diesem Ergebnis ist allerdings zu berücksichtigen, daß die gemessenen Werte nicht die resultierende Seitendifferenz zwischen frakturierter und gesunder Extremität ausdrücken, sondern die primäre Verkürzung der nicht behandelten Fraktur miteinschließen. Es ist also die insgesamt veränderte Längendifferenz gegenüber der nicht gebrochenen Extremität angegeben. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden 126 Kinder und Jugendliche, die von 1 - 10 Jahren eine Ober- oder Unterschenkelfraktur erlitten hatten, nachuntersucht. Dabei hatte sich gezeigt, daß

nach jeder Fraktur der verletzte Knochen stärker wächst als der gesunde. Die Längenzunahme ist aber unabhängig von der Art der Fraktur, vom Alter des Kindes, der Entfernung der Fraktur von der Epiphyse und auch von der angewandten Behandlung. Durch eine Fehlstellung wird immer das vermehrte Längenwachstum verstärkt. Eine Verlängerung bleibt bestehen und gleicht sich im Laufe der Zeit nicht mehr aus. Weiterhin zeigte sich, daß die Verlängerung des kindlichen Knochens nach Frakturen durch eine Reaktion der Epiphyse auf den Reiz der Fraktur als solche zustande kommt. Versuche mit radioaktiven Phosphor ergaben, daß der Knochen nicht nur im Bereich der Fraktur, sondern in seiner Gesamtheit reagiert, wodurch auch die Epiphyse beeinflußt werden kann. Die Ursachen für das vermehrte Längenwachstum sind in dieser Untersuchungsreihe von FLACH und KUDLICH nicht eruiert worden.

Schon 1961 stellte WEBER einige Faktoren zusammen, die ein überschießendes Längenwachstum bewirken sollen.

- epiphysennahe Hyperämie (TRUETA)
- aufrichtendes Längenwachstum der Epiphysenfugen bei Fehlstellung in der Frontal- und Sagittalebene (PAUWALS)

- aufrichtendes Längenwachstum zur Korrektur der durch Torsionsfehler gestörten Gesamtbeinachse.

SINGER und KRAFT sowie FLACH und KUDLICH konnten das im wesentlichen bestätigen und in mancher Beziehung ergänzen beziehungsweise sogar erweitern.

FLACH, GEISBE und FENDEL (1966) stellten in einer Untersuchungsreihe an 126 Ober- und Unterschenkelfrakturen, sowie an 33 Unterarmfrakturen fest:

In den meisten Einzelfällen kommt es bei den nachuntersuchten Brüchen an der oberen und unteren Extremität zu Verlängerunge. Diese sind unerheblich, wenn man die Längendifferenz zwischen frakturierter und gesunder Seite mißt (effektive Verlängerung): Es traten 0,1 % bei Oberschenkelfrakturen, 0,9 % bei Unterschenkelfrakturen und 0,5 % bei Unterarmfrakturen als effektive Verlängerung auf.

Die Wachstumsveränderungen treten unabhängig vom Alter der Kinder innerhalb der ersten Monate nach dem Trauma auf. Auch DAUM et alii konnten in ihren Nachuntersuchungen keine Abhängigkeit der Wachstumsbeschleunigung vom Alter des Patienten nachweisen. JONASCH, SINGER und KRAFT sowie FLACH und KUDLICH kamen zu gleichen Ergebnissen. SCHUETTEMEYER sowie SCHENK geben dagegen zu bedenken, daß das überschießende Längenwachstum

des verletzten Knochens bei den zwei- bis sechsjährigen Kindern besonders ausgeprägt sei. Nach TITZE sowie GREVILLE und IVINS besteht bei den Vier- bis Achtjährigen ein Prädilektionsalter für das Längenwachstum nach einer Fraktur.

Auch eine stärkere wachstumsstimulierende Wirkung epiphysennaher oder operativ behandelter Frakturen konnten FLACH et alii nicht beobachten. Ihrer Meinung nach ist das Ausmaß der zu erwartenden Wachstumsveränderung nach Frakturen im Einzelfall nicht kalkulierbar. Das Wachstumsergebnis wird offensichtlich von Dauer und Intensität der Umbauvorgänge während der Knochenbruchheilung bestimmt. Desgleichen stellten DAUM et alii fest, daß die Verlängerung im proximalen, im medialen und im distalen Schaftdrittel durchschnittlich gleich ist. Auch AITKEN, SCHENK, JONASCH u. a. fanden keine Abhängigkeit des Längenwachstums von der Lage der Fraktur zur Epiphyse. TITZE dagegen beschreibt eine verstärkte Wachstumstendenz besonders im mittleren Femurdrittel und an der Grenze vom medialen zum distalen Drittel. Brüche im oberen Drittel haben nach Ansicht TITZES einen weniger stimulierenden Effekt.

Außerdem beobachteten FLACH, GEISBE und FENDEL, daß Wachstumsveränderungen nicht nur isoliert am frak-

turierten, sondern auch an den distal davon gelegenen Knochen vorkommen. Sie konnten eine Ossifikationsbeschleunigung der Carpalia nach distalen Unterarmbrüchen nachweisen. Das Größenplus der Handwurzelknochen der frakturierten Seite betrug gegenüber der gesunden Seite 0,7 % - 4,5 %.

II. Spezieller Teil

1. Eigene Untersuchungen

1.1. Analyse des Krankengutes (1949 - 1969)

Wir haben unsere Aufgabe darin gesehen an Hand des Krankengutes der chirurgischen Kinderklinik der Universität München festzustellen, ob sich das überschießende Längenwachstum auch auf die distal gelegenen Knochen überträgt, so bei einer Femurfraktur auf Tibia, Fibula und Metatarsalia, bei einer Humerusfraktur auf Radius, Ulna und Metacarpalia. Dabei ergab sich auch die Gelegenheit, das Wachstum der Handwurzelknochen zu studieren. Die Carpalia werden seit einiger Zeit als das am wenigsten aufwendige Objekt zur Bestimmung des Knochenalters verwendet;(GRUMBACH,FENDEL) denn die Größe der Handwurzelknochen ist relativ exakt zu messen. Dabei können Seitendifferenzen der Handwurzelknochen nach Frakturen des Femur bzw. des Humerus möglicherweise Ausdruck eines über den frakturierten Knochen hinausgehenden fördernden oder

hemmenden Wachstumseinflußes sein.

Das Krankengut der Kinderchirurgischen Universitätsklinik München (v.Hauner'sche Kinderhospital) wurde im Zeitraum von 1949 bis 1969 ausgewertet. In diesen zwanzig Jahren wurden 329 Patienten wegen einer Oberschenkelfraktur und 255 Patienten auf Grund einer Oberarmfraktur behandelt. Von diesen Patienten erschienen 70, die einen Oberschenkelbruch (ausgenommen Schenkelhalsbrüche) und 65, die einen Oberarmbruch erlitten hatten, zu einer Nachuntersuchung. Diese relativ geringe Anzahl ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß erstens eine Fraktur, längere Zeit nach dem Ereignis, als belanglos angesehen wird, und zweitens die betroffenen Patienten an der im Krankenblatt angegebenen Adresse nicht mehr angetroffen werden konnten.

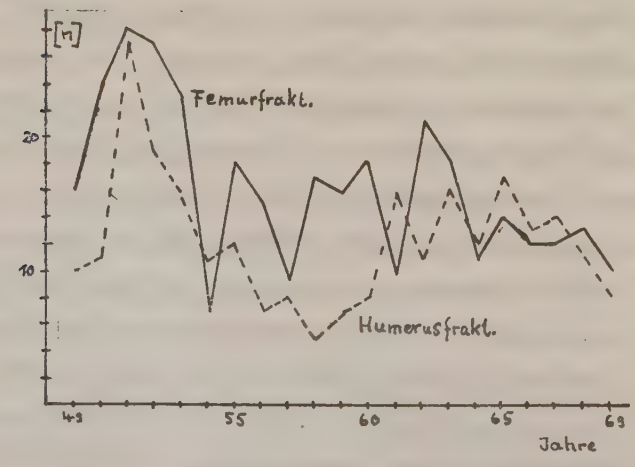


Abb.1: Verteilung der Humerus- und Femurfrakturen im Zeitraum 1949 - 1969

Abb. 1 zeigt die Verteilung der Oberarm- und Oberschenkelbrüche von 1949 - 1969. Daraus sieht man, daß kurz nach dem 2. Weltkrieg die meisten Brüche in der Klinik behandelt wurden. In den nächsten Jahren nahm die Zahl ab, erreichte 1962 - 63 noch einmal einen Gipfel, um sich 1964 auf eine ungefähr gleichbleibende Zahl einzupendeln.

1.1.1. Lokalisation der Femur- und Humerusfrakturen

Die Femur- und Humerusfrakturen wurden ohne Rücksicht auf den Sitz der Fraktur in Bezug auf ihren Abstand zur wachsenden Epiphysenfuge und auf die Art des Bruches nachuntersucht. Abb. 2 zeigt den jeweiligen Sitz der Fraktur bei den nachuntersuchten Fällen an.

F E M U R

	intra-troch.	sub-troch.	Schaft	supra-condyl.	Geburts-traumat.	Grün-holz
Unter-sucht	2	1	62	3	3	1*
Gesamt-zahl	7	5	274	22	6	15

Abb. 2: Lokalisation der einzelnen Frakturen des Oberschenkels

* Grünholzfraktur wurde bei Schaftfraktur mitgerechnet.

konservativ	operativ	ungeheilt	letal	
68	2	-	-	untersucht
295	31	1	2	Gesamtzahl

Abb. 3: Aufgliederung der Femurfrakturen nach Methode und Erfolg der Behandlung

Von 329 Patienten mit Femurfrakturen war in 274 Fällen der Femurschaft, in 55 Fällen die proximalen, medialen und distalen Drittel betroffen. Von der Gesamtheit der Fälle wurden 295 konservativ behandelt. 2 Fälle gingen letal aus. Die Verletzung erfolgte bei Verkehrsunfällen und konnte nicht mehr rechtzeitig versorgt werden.

H U M E R U S

	subcapital	Schaft	supracondyl.	Geburtstraumat.	Grünholz
Untersucht	6	29	20	10	-
Gesamtzahl	24	99	104	28	-

Abb. 4: Lokalisation der einzelnen Humerusfrakturen

konservativ	operativ	ungeheilt	letal	
64	1 (Knochen-cyste)	-	-	untersucht
252	3	-	-	Gesamtzahl

Abb. 5: Analyse der Humerusfrakturen nach Methode und Erfolg der Behandlung

Bei einer Gesamtzahl von 255 Fällen war bei Oberarmbrüchen nur in 99 Fällen der Schaft betroffen. In 104 Fällen dagegen trat ein supracondylärer Oberarmbruch auf. Bis auf 3 Fälle, wobei einmal eine Knochencyste operativ ausgeräumt wurde, ist immer die konservative Therapie angewendet worden.

1.1.2. Therapie der einzelnen Frakturen

Außerdem wurden die jeweiligen Femur- und Humerusfrakturen nach Art der Therapie, die oben kurz abgehandelt wurde, aufgegliedert (Abb. 6 a und b).

Behandlung der Oberschenkelfrakturen

konservativ	Anzahl	
Heftpflasterextension	41	(123)
Drahtextension	6	(18)
Beckenbeingips	19	(71)
Oberschenkelliegegips	-	(5)
dorsale Gipsschiene	2	(10)

operativ	Anzahl	
Marknagelung geschlossen	1	(11)
Marknagelung offen	1	(5)
Osteotomie und Nagelung (off. Fraktur)	-	(1)
Cerclagen mit: a) Beckengips	-	(7)
b) Oberschenkelgips	-	(2)
Bohrdraht-		
fixation: a) Beckengips	-	(2)
b) Oberschenkelgips	-	(-)
Cystenausmauerung	-	(1)

Abb. 6 a: Aufgliederung der verschiedenen Therapiearten der nachuntersuchten Patienten nach Femurfrakturen. Gesamtzahl in Klammern

Behandlung der Oberarmfrakturen

konservativ	Anzahl	
Heftpflasterextension	36	(125)
Oberarmgips	11	(31)
Arm- Schulterverband	4	(9)
Scapulaschiene mit Oberarmgips	1	(3)
Drahtextension	5	(9)
dorsale Gipsschiene	7	(11)

operativ	Anzahl	
Marknagelung offen	-	(1)
Marknagelung geschlossen	-	(1)
Bohrdrahtfixation	-	(-)
Cystenausmauerung	1	(-)

Abb. 6 b: Aufgliederung der verschiedenen Therapiearten der nachuntersuchten Patienten nach Humerusfrakturen. Gesamtzahl in Klammern.

Bei den Femur- und Humerusfrakturen wurde als konservative Behandlungsmethode am häufigsten die Heftpflasterextension angewandt. Von 295 konservativ behandelten Femurfrakturen wurden 164 durch eine Heftpflasterextension nach RUSSEL geheilt. Bei den Oberarmfrakturen wurden von 252 Fällen, bei denen die konservative Therapie angezeigt war, 161 der Extensionsbehandlung zugeführt. Als zweithäufigste Therapie folgt das Anlegen eines Oberarmgipses in 42 Fällen und eines Beckenbeingipses in 90 Fällen. Dabei lagen jedoch immer einfache, glatte Frakturen zugrunde und ein Drittel der Patienten befand sich nur in ambulanter Behandlung. Nur in wenigen Fällen wandte man die Drahtextension an; dabei waren die Patienten jedoch immer älter als 7 Jahre.

Als operative Behandlungsmethode bei Femurfrakturen bediente man sich der geschlossenen Marknagelung nach KÜNTSCHER. In dieser Zeit wurden nur 3 Oberarmfrakturen operativ versorgt. Allerdings sind in dieser Aufstellung keine Brüche mit Gelenkbeteiligung, oder auch Fälle mit mehreren Frakturen der Extremitäten enthalten.

1.1.3. Art der Femur- und Humerusfrakturen.

Die überwiegende Zahl der Oberschenkelfrakturen (62 - 88,6 %) betraf das mittlere Schaftdrittel, wobei die Spiralfrakturen miteingerechnet sind.

Die Querfrakturen überwogen dabei mit 52,9 %, gefolgt von den Schrägfrakturen 25,7 %, den Spiralfrakturen 12,9 % und den Streckfrakturen 7,1 %.

Im Gegensatz dazu lag die Verteilung bei den Humerusfrakturen anders. Hier war die Häufigkeit der Schaftfrakturen nur minimal größer (Anzahl: 29) als die der supracondylären Frakturen (Anzahl 20). Außerdem wurden 10 geburtstraumatische Frakturen des Humerus, die im proximalen und distalen Drittel des Humerusschaftes lokalisiert waren, gezählt. (sh. Abb. 7). Bei den untersuchten Oberarmfrakturen überwogen mit 61,5 % (Anzahl 40) die Querfrakturen, gefolgt von den Schrägfrakturen 21,5 %, den Spiralfrakturen 12,3 % und den Streckfrakturen 4,6 %.

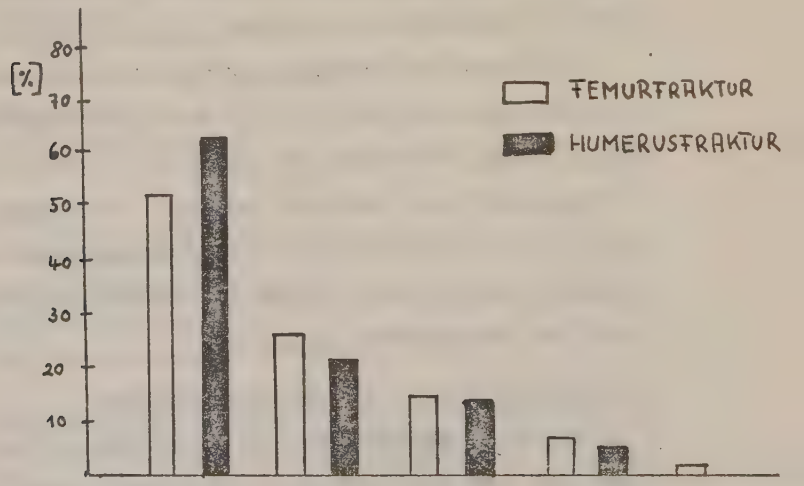


Abb. 7: Übersicht und Aufteilung der verschiedenen Arten von Frakturen in der Zeit von 1949 - 1969.

Nach dieser kurzen Analyse des Krankengutes möchten wir näher auf die Untersuchungen eingehen, durch die wir unsere Ergebnisse erzielten. Die Auswertung und Interpretation sowie der Vergleich mit ähnlichen Untersuchungsergebnissen erfolgt im Anschluß daran. Dabei muß noch erwähnt werden, daß die Oberarm- und Oberschenkelbrüche röntgenologisch ausgewertet werden, um zu einer Aussage über ein überschießendes Wachstum, das sich auch auf die distal des frakturierten Femur bzw. Humerus gelegenen Knochen auswirken könnte.

1.2. Methodik

1.2.1. Klinische Untersuchungen

Es wurden 70 Patienten mit Oberschenkelbrüchen und 65 Patienten mit Oberarmbrüchen klinisch nachuntersucht. Nach Ergebnis der subjektiven Beschwerden wie:

- Schmerzen der betroffenen Extremität
- schnelles Ermüden
- wetterfühligkeit
- Beeinträchtigung im täglichen Leben und bei sportlicher Betätigung

stellten wir die klinischen Befunde zusammen. Dabei wurde bei Femurfrakturen, das Hauptaugenmerk auf Beckenschiefstand, auf die Hautbeschaffenheit, sowie auf die Durchblutungsverhältnisse der

frakturierten Extremität und auf die Gelenkfunktionen gelegt. Außerdem wurden die Umfangsmaße der Oberarme und der Oberschenkel ermittelt und ein neurologischer Befund (Sensibilität, Reflexe uns.) erhoben. Insbesondere wurden im Rahmen dieser klinischen Nachuntersuchungen folgende Messungen durchgeführt, welche als Vergleichswerte für die nachfolgenden röntgenologischen Untersuchungen und Längenmessungen dienen sollten.

1. Längenmessungen des Femur
   a) Spina iliac. ventr. - Innenknöchel
   b) " " " - inn. Kniegelenkspalt
   c) Trochanter maior - Außenknöchel
   d) " " - äußer. Kniegelenkspalt
2. Längenmessungen des Humerus
   a) Tub. mai. humeri - Spina olecrani
   b) Spina olecrani - Processus ulnaris

Die Abmessungen dieser Abstände erfolgte mit einem Zentimetermaßband, nachdem vorher die oben angeführten Protuberantien getastet und markiert worden waren.

1.2.2. Röntgenologische Untersuchungen

1.2.2.1. Längenmessungen

Um eine erforderliche Genauigkeit zu erreichen, wurde im Anschluß an die klinische Untersuchung eine röntgenologische durchgeführt. Hierbei wurde

auf eine Beurteilung der benachbarten Gelenke, Stellungsfehlern und der ehemaligen Bruchstelle verzichtet. Das Hauptgewicht ist auf eine Längenvergleichsmessung zwischen der frakturierten Extremität und der gesunden gelegt worden.

Es gibt eine Anzahl von Methoden für genaue rötgenologische Längenmessungen am Knochen. Als brauchbarste wird die Maßstabrötgenographie (TAILLARD) bezeichnet, bei der die Belichtung von 3 verschiedenen Punkten aus stattfindet, nämlich z.B. bei Frakturen der unteren Extremität, über dem Hüft- , Knie- und Sprunggelenk. Der Längenunterschied kann an der mitaufgenommenen Skala abgelesen werden. Bei der Teleradiographie (TAILLARD) erfolgt die Belichtung von einem Fokus aus größerer Entfernung; sie ist durch den Gebrauch größerer Filmformate kostspieliger. MILLWE schlug die Skamographie mit beweglicher Röhre vor, die wohl genauer ist, aber eine Spezialapparatur erfordert.

Wir mußten uns, um die Untersuchungen in einem wirtschaftlichen Rahmen zu halten, auf die Vergleichsradiographie ohne Vergleichsmaßstab beschränken. Bei dieser Methode werden beide Extremitäten aus einem Fokus-Filmabstand von 1,5 m auf einem Film aufgenommen.Bei den Aufnahmen konnte der auftretende

Verzeichnungsfehler vernachlässigt werden, da er klein und für beide Seiten gleich ist. Mit dieser Methode wurde auch die Strahlenbelastung minimal gehalten. Ein Nachteil besteht jedoch darin, daß man übergroße Filmformate verwenden muß, um die Extremitätenknochen in ihrer ganzen Länge zu röntgenographieren. Bei einigen Patienten war eine Auswertung des Röntgenbildes auf Grund schlechter Einstellung nicht möglich.

Folgende Knochenlängen der Extremitäten wurden röntgenologisch nach der erwähnten Methode gemessen:

1. Oberschenkel: Femur, Tibia, Fibula, Metatarsus III, Metacarpus III
2. Oberarm: Humerus, Radius, Ulna, Metacarpus III

Als Knochenlänge galt die größte Distanz zwischen proximalem und distalem Epiphysenende einerseits; Endpunkte der Messungen bildete also jeweils die äußerste Begrenzung der Epiphyse. Eine zweite Maßzahl war die Länge der Endpunkte der Diaphyse plus Metaphyse, die auch mit in die Auswertung einbezogen wurde. An jedem einzelnen Knochen wurden insgesamt 2 Meßungen durchgeführt:

1. Diaphyse plus Metaphyse
2. Diaphyse plus Metaphyse plus entsprechender Epiphysenkern.

Da jedoch in einigen Fällen die gemessenen Knochen noch keine Epiphysenkerne aufzeigten, konnte nur die erste Messung durchgeführt werden. Die Messung selbst erfolgte mit einem cm-Maßband.

Bei der Feststellung der eventuellen effektiven Wachstumszunahme nach einer Fraktur wurde die primäre Verkürzung zum Zeitpunkt der Frakturheilung nicht berücksichtigt. Auf dem Diagramm bedeutet deshalb eine Verlängerung bzw. Verkürzung eine echte Seitendifferenz. Verheilte also zum Beispiel eine Oberschenkelfraktur mit einer Verkürzung von 1,5 cm und ergab ein Seitenvergleich bei der Nachuntersuchung nach 6 Jahren keinen Unterschied, so wurde im Diagramm das Mehrwachstum zwischen frakturierter und nicht frakturierter Extremität mit Null angegeben.

Nicht berücksichtigt wurde ferner die nach BOEHLER bei jedem gebrochenen Knochen auftretende Nekrose- und Resorptionszone an den Bruchenden. In den Untersuchungen von BOEHLER bedingt sie eine Verkürzung von etwa 0,5 cm. Dieses wurde von GEISER bestätigt. Diese Strecke wäre also normalerweise unseren Wachstumswerten noch hinzuzufügen, wenn man die gesamte Verlängerung des Kno-

chens errechnen will. Es wird in unserer Arbeit also nicht die relative Verlängerung (= effektive Verlängerung plus primäre Verkürzung), sondern die absolute (effektive) Verlängerung gemessen. Sie ist die zur Zeit der Nachuntersuchung festgestellte Längendifferenz zwischen frakturiertem und nicht frakturiertem Knochen. Dabei wird vorausgesetzt, daß zum Zeitpunkt des Traumas beide Knochen gleich lang waren.

1.2.2.2. Knochenalterbestimmung

Neben der Längenmessung der Röhrenknochen wurde auch eine carpometrische Bestimmung der Handwurzelknochen durchgeführt. Dabei wurden unter radiologisch exakten Standardbedingungen beide Handwurzelskelette auf einen Röntgenfilm aufgenommen. Dieses Standardradiogramm der Handwurzel wird vergrößert und die Projektionsfläche von 10 Handwurzelknochen (7 Carpalia außer dem Os pisiforme, ferner Daumen-, Radius- und Ulnaepiphyse) planimetrisch ausgemessen. Der Mittelwert dieser Flächen ergibt das "carpometrische Knochenalter". Das Umfahren der Knochenschatten mit der Fahrnadel des Planimeters machte bei Überschneidung von Knochenkernen sowie zu stark geschwärzten Filmen Schwirigkeiten. In solchen Fällen erwies sich das Nachziehen der Knochenkonturen mit einem spitzen Bleistift als nützlich. Diese Schwierigkeit ist umso größer, je differenzierter die Handwurzel-

kerne d.h., je höher das Lebensalter des untersuchten Kindes ist.

Die Handwurzelkerne bewahren anfangs eine annähernd rundliche Form. Sie differenzieren sich in Richtung auf ihre endgültige Form recht langsam und zwar umso langsamer, je früher sie angelegt werden. Relativ spät bei einer Körpergröße von über 145 cm (F. SCHMID, HOMMA usw.) erreichen sie ihre endgültigen Flächensilhouetten. Bei den Epiphysenkernen beginnt die spizifische Formgestaltung gleich beim Auftreten der Knochenkerne, wobei die Höhe zunächst wesentlich geringer ist als die Breite. Die annähernd endgültige Form - es finden bis ins hohe Alter immer noch kleinere Umwandlungen statt - erreichen die Carpalia weitgehend synchron, da die später auftretenden Knochenkerne schneller wachsen.

Formale Auffälligkeiten, wie z. B. die gesicherte Häufung von Formabweichungen am Processus styloideus ulnae nach Frakturen der oberen Extremität werden außer Acht gelassen, da sie bei Humerus- oder Femurfrakturen, worum es sich in dieser Arbeit ausschließlich handelt, als Wuchsanomalie oder als Entwicklungsvarianten aufzufassen sind.(FENDEL)

2. Eigene Ergebnisse

2.1. klinische Nachuntersuchungen

Von den 135 Kindern und Erwachsenen waren 88,9 % subjectiv völlig beschwerdefrei. 11,1 % der

Nachuntersuchten (13 nach konservativer Behandlung und 2 nach operativer Behandlung) gaben leichte, subjective Beschwerden an, die das Allgemeinbefinden jedoch nicht beeinträchtigen und in Tab. Nr. 8 kurz zusammengefaßt sind. Eine Gegenüberstellung der subjectiven Beschwerden nach konservativer sive operativer Behandlung ist in diesem Fall nicht möglich, da die Anzahl der operativ behandelten Patienten zu gering ist, um eine klare Aussage darüber zu machen.

Femurfrakturen	op.	kon.
Schmerzen bei Witterungswechsel	1	5
Schmerzen bei Belastung	-	3
Frühzeitiges Ermüden bei Belastung	-	1
Kältegefühl des verletzten Beines	1	-
Gesamt	2	9

Humerusfrakturen	op.	kon.
Schmerzen bei Witterungswechsel	-	2
Schmerzen bei Belastung	-	1
Frühzeitiges Ermüden bei Belastung	-	1
Kältegefühl des verletzten Armes	-	-
Gesamt	-	4

Abb.: Subjective Beschwerden nach op. und kons.Therapie

Hierbei ist zu bemerken, daß alle beiden Patienten, deren Femurfraktur operativ versorgt war, leichte subjective Beschwerden angeben.

2.2. Klinischer Befund

2.2.1. Patienten mit Femurfrakturen

Bei 63 nachuntersuchten Patienten war der Gang völlig unauffällig. In 7 Fällen fiel ein leichtes Hinken auf, wobei in 3 Fällen eine Längendifferenz von über 1 cm ursächlich zugrunde lag. In 3 Fällen konnte organisch eine Ursache des Hinkens nicht eruiert werden. In 1 Fall hinkte ein Patient stark auffällig, was jedoch auf eine congenitale Mißbildung im Bereich der unteren Extremität zurückzuführen war. (Bei diesem Patient wurde vor einem halben Jahr eine Sehnenstreckung des linken Fusses durchgeführt.)

Bei 2 Nachuntersuchten bestand unabhängig von dem Oberschenkeltrauma eine deutliche Skoliose, welche jedoch nicht mit einer Längendifferenz der Beine im Zusammenhang gebracht werden kann. Sie war nachweisbar vor dem Bruch bereits vorhanden!

Abgesehen von 2 Patienten, bei denen durch den Unfall eine fast vollständige Ablederung des Oberschenkels stattgefunden hatte, waren die Hautverhältnisse des verletzten Beines im Vergleich zur gesunden Seite völlig einwandfrei.

Die neurologische Untersuchung ergab bei fast allen Patienten weder moterische noch sensible Ausfälle. Lediglich einer der Nachuntersuchten hatte an beiden Beinen eine Neuritis, auf Grund derer er bereits seit 1 Jahr in Behandlung war. Arterielle und venöse Durchblutungsstörungen bestanden nicht.

Um eine Atropie der Muskulatur des frakturierten Knochens festzustellen, wurde an beiden Oberarmen bzw. Oberschenkeln in gleicher Höhe der Umfang der jeweiligen Extremität gemessen. Ein Vergleich der Umfangswerte zwischen gebrochenem und gesunden Knochen gibt über eine vorliegende Muskelatropie in den meisten Fällen Aufschluß. Die Meßfehlergrenze bei dieser Methode liegt nach VONTOBEL, GENTON und SCHMID bei 1 cm. Ist also der Umfang einer nicht frakturierten Extremität im Vergleich zur früher gebrochenen Extremität größer als 1 cm, so deutet dies auf eine Atropie.

Eine Umfangsbestimmung zur Feststellung einer vorliegenden Muskelatropie ergab bei 14 % der nachuntersuchten Kinder 1 - 16 1/2 Jahre nach der Fraktur eine Umfangsdifferenz

Umfangsdiff.	n
Keine Differenz	18
0 - 0,5 cm	23
0,6 - 1,0 cm	19
1,1 - 1,5 cm	8
1,6 - 2,0 cm	2
über 2,1 cm	-

Abb. 9 a: Umfangsdifferenz beider Oberschenkel

der Oberschenkelmuskulatur von mehr als 1 cm. Das Gros der Nachuntersuchten wies lediglich eine Umfangsdifferenz bis zu 1 cm auf, ein Ergebnis, das noch innerhalb der Meßfehlergrenz liegt. VONTOBEL, GENTON und SCHMID fanden bei ihren Nachuntersuchungen noch bei der Hälfte der Fälle eine Atropie zwischen 1 cm und 5 cm. (3/4 - 18 Jahre nach der Fraktur).

Bei der Prüfung der Gelenkfunktionen im Seitenvergleich ergab sich bei 14 Untersuchten (20 %) eine Einschränkung in der Hüftgelenksbeweglichkeit. Dabei wurde nach konservativer Behandlung fünfmal eine Behinderung der Extension in Bauchlage um 10 °, einmal sogar um 15 ° festgestellt. Die Außenrotation einmal um 10 ° eingeschränkt. Die Flexion im Hüftgelenk bei gebeugtem Kniegelenk konnte einmal um 10 ° und einmal um 20 ° als eingeschränkt nachgewiesen werden. Nur bei einem Patienten wurde eine verminderte Abduktionsfähingkeit der frakturierten Extremität gegenüber der gesunden festgestellt werden.

Die Beweglichkeit in den Kniegelenken war in 3 Fällen behindert. Bei zwei nachuntersuchten Kindern war die Beugung um 15 ° bei einem Kind sogar um 20 ° vermindert.

2.2.2. Patienten mit Humerusfrakturen

Von 65 nachuntersuchten Kindern und Erwachsenen gaben 4 subjektive Beschwerden an (sh. Abb. Nr. 8). Bei allen 65 Patienten mit Oberarmbrüchen war die Haltung und Stellung der betroffenen Extremität völlig unauffällig. Die Hautverhältnisse des Oberarmes waren völlig einwandfrei.

In den neurologischen Untersuchung wurden bei 64 Patienten keine motorischen und sensiblen Ausfälle von Nerven festgestellt. Nur in 1 Fall ergab sich eine Parese des Nervus radialis, die durch das Trauma hervorgerufen worden war. Das Kind befindet sich seit diesem Unfall in ärztlicher Behandlung und die Radialisparese hat sich schon zurückgebildet. Bemerkenswert ist außerdem, daß in einem anderen Fall, in dem ebenfalls eine Radialisparese diagnostiziert worden war auf Grund einer Trümmerfraktur des Oberarmes im distalen Drittel, keinerlei motorische Ausfälle nachgewiesen werden konnten.

Eine Umfangsdifferenz der Oberarmmuskulatur von mehr als 1 cm wurde bei 12,3 % (_Fällen) der nachuntersuchten Kinder festgestellt. Dabei belief sich der Zeitraum der Nachuntersuchung nach dem Frakturtrauma auf 3/4 - 18 Jahre. Die restlichen 87,7 % der Patienten zeigten lediglich ein Ergebnis bei dieser Messung, das noch innerhalb

der Fehlergrenze liegt. Allerdings muß hinzugefügt werden, daß bei 5 Fällen die Fraktur am linken Oberarm lokalisiert war und die Patienten Rechtshänder waren. Normalerweise ist der Umfang des rechten Oberarmes bei Rechtshändern etwas größer auf Grund der größeren Aktivität des Armes.

Umfangsdiff.	n
Keine Differenz	24
0 - 0,5 cm	21
0,6 - 1,0 cm	12
1,1 - 1,5 cm	6
1,6 - 2,0 cm	2
über 2,1 cm	-

Abb.: 9b: Umfangsdifferenz beider Oberarme

Im Anschluß daran wurde die Funktion des Schultergelenkes und des Ellbogengelenkes geprüft. Bei allen Fällen war dabei die freie Beweglichkeit des Armes in Ab- und Adduktion, Heben in Frontalebene, Flexion und Extension, Pro- und Supination gesichert. Lediglich in 6 Fällen (9 %) war die Elevation der betroffenen Extremität gegenüber der gesunden eingeschränkt. Dreimal um 10°, zweimal um 20° und einmal sogar um 40°.

Bei der Prüfung der Beweglichkeit im Ellbogengelenk wurden in 10,8 % der Fälle eine Einschränkung festgestellt. Bei 3 nachuntersuchten Kindern zeigte sich eine Beeinträchtigung der Flexion des Unterarmes

aus der Streckstellung um 10 °, in 3 Fällen um 15 °: Bei einem Patienten war die Beugung des Unterarmes sogar um 20 ° vermindert. Kausal handelte es sich dabei um einen Trümmerbruch des Humerus im distalen Drittel. Bei den anderen 5 Fällen lag ein supracondylärer Oberarmbruch vor. Noch zu erwähnen ist, daß bei 3 Fällen, in denen eine Humerusfraktur mit Gelenkbeteiligung und Epiphysenbruch vorlag, keinerlei subjektive Beschwerden oder Bewegungseinschränkungen zurückgeblieben sind. Die Pronation des Unterarmes war in einem Fall um 15 ° vermindert. Außerdem konnten wir bei 2 Kindern eine leichte Abknickung (Valjisierung) des Unterarmes gegenüber dem Oberarm beim Heben des gesamten Armes in Frontalebene an der gebrochenen Extremität feststellen. Eine Achsenknickung konnte im Röntgenbild jedoch nicht festgestellt werden. Bei 6 Kindern konnte man in der Untersuchung die Kallusbildung um den Frakturspalt herum spürbar tasten, wobei der Zeitpunkt der Fraktur in diesen Fällen erst 1 1/2 - 2 Jahre zurücklag.

2.3. klinische Längenmeßergebnisse

Die 4 klinischen Längenmeßungen am Oberschenkel wurden mit den röntgenologischen Meßungen verglichen, die weitaus exakter und genauer durchzuführen waren. Dabei ergab sich bei den Nachuntersuchten mit Ober-

schenkelfrakturen ein Kongruenz von 98,6 % der klinischen und röntgenologischen Meßungen. Bei 2 Patienten (1,4 %) differierte das klinische Ergebnis mit dem röntgenologischen.

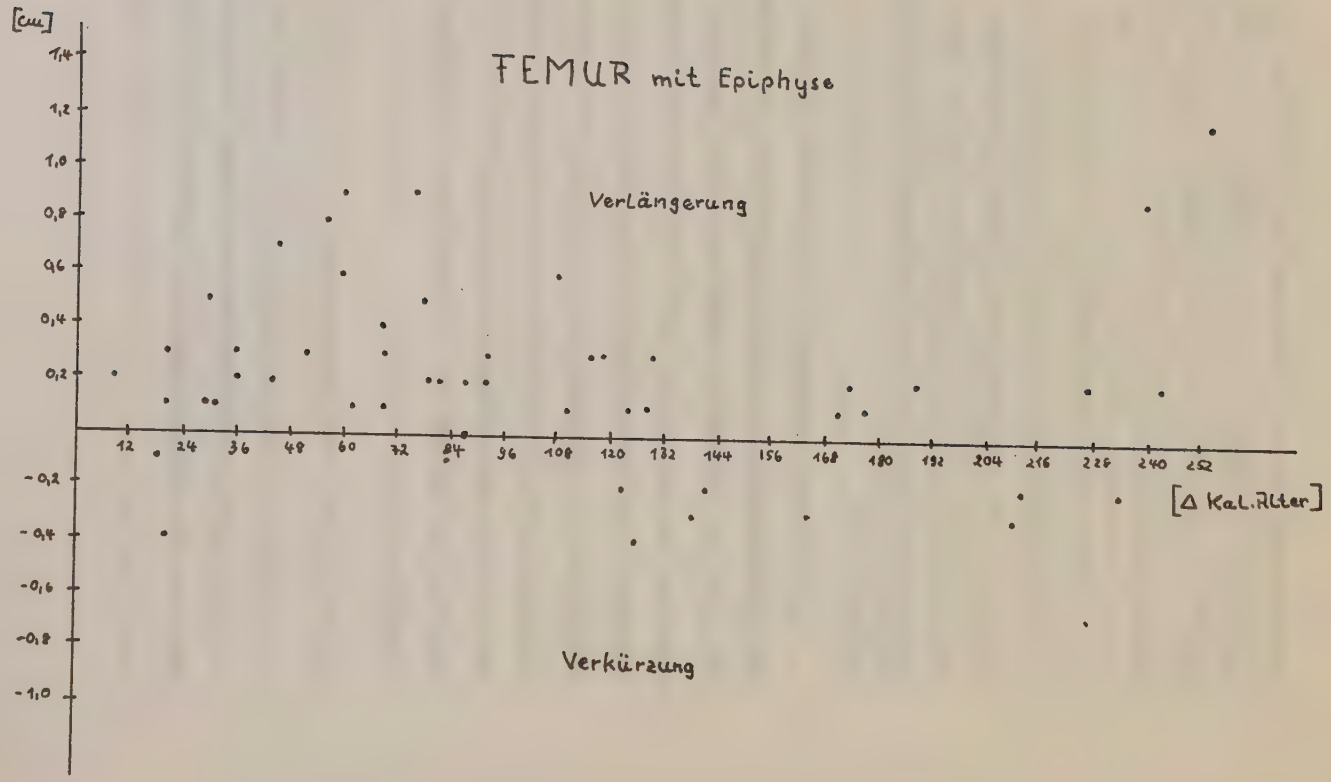
In ähnlicher Weise verhielt es sich bei den klinischen Längenmeßergebnissen des Humerus im Vergleich mit der orthoradiographischen Längenmeßung. Hier wich das klinische Ergebnis dreimal vom röntgenologischen ab. Die Übereinstimmung beider Meßungen betrug 95,5 %.

In diesen insgesamt 5 Fällen wurde trotzdem die röntgenologische Meßung ausgewertet, da der Fehler, der den Unterschied zwischen beiden Meßungen bewirkt, wahrscheinlich in der klinischen Längenbestimmung liegt. Diese ist nicht so präzise durchzuführen wie die röntgenologische Meßung. Der hohe Prozentsatz der Übereinstimmung der röntgenologischen und der klinischen Längenmeßung unterstützt auf jeden Fall die Ergebnisse, die auf Grund der Röntgenographie erzielt wurden.

2.4. röntgenologische Untersuchung

Hierbei kam es uns ausschließlich auf die Beurteilung des Längenwachstums der langen Röhrenknochen an. Ein röntgenologischer Spätbefund der Ober-

Abb. 10


[cm]
FEMUR mit Epiphyse
Verlängerung
Verkürzung
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1,0
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
168
180
192
204
216
228
240
252
[Δ Kal. Alter]

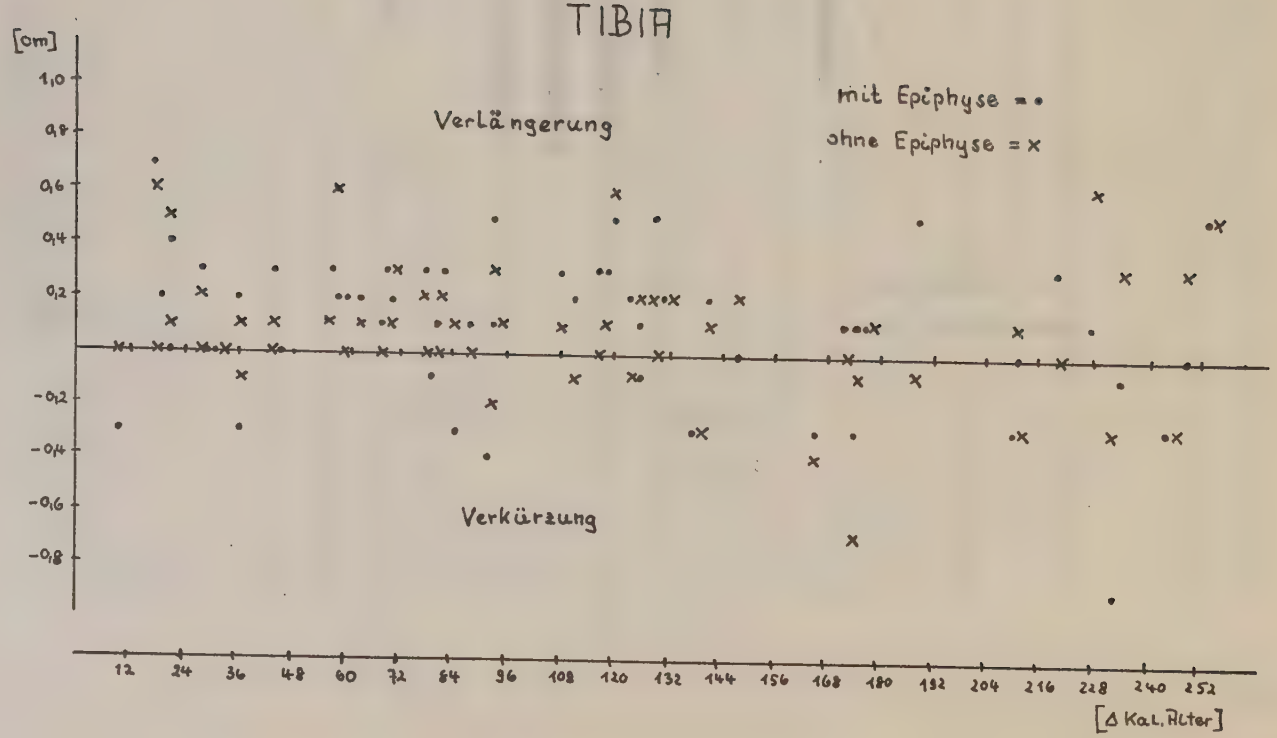
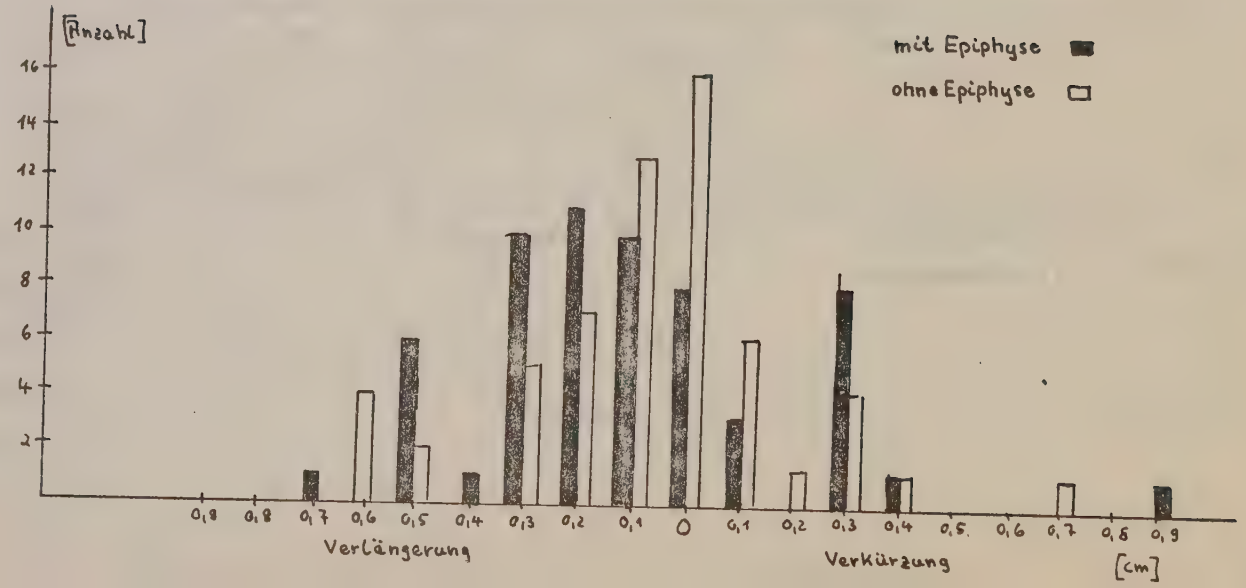

TIBIA
[cm]
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
Verlängerung
Verkürzung
mit Epiphyse = •
ohne Epiphyse = ×
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
168
180
192
204
216
228
240
252
[Δ Kal. Alter]

Abb. 11b

Häufigkeitsverteilung der Tibia



arm und Oberschenkelfrakturen blieb unberücksichtigt, da es den Rahmen unseres Themas überschreiten würde.

2.4.1. Längenmeßungen und graphische Darstellung

2.4.1.1. Längenmeßung des Femur

Ausgewertet wurden dabei 50 Oberschenkelpaare. 2 Patienten nahmen wir nicht in das Untersuchungsmaterial mit auf, da es sich um doppelseitige Femurfrakturen handelte und somit eine definitive Aussage über das Mehrwachstum am frakturierten Knochen gegenüber der gesunden Extremität nicht gegeben wäre. Es wurde bei der Messung mit Epiphyse eine mittlere Verlängerung von 0,24 cm festgestellt, ohne Epiphyse 0,20 cm. (sh. Abb. 10)

2.4.1.2. Längenmeßung der Tibia

Von 70 Patienten wurden hier 55 Unterschenkelpaare als Ausgangsbasis verwendet. Die Aufnahmen von 15 Patienten waren nicht auswertbar. Die Meßung der mittleren Verlängerung mit Epiphyse ergab 0,10 cm, ohne Epiphyse 0,11 cm. (sh. Abb. 11a und 11b)

2.4.1.3. Längenmeßung der Fibula

Hier konnten 54 Fibulapaare ausgewertet werden. Die restlichen 16 waren zum großen Teil zu lang für das verwendete Filmformat, sodaß wir sie

Abb. 12a

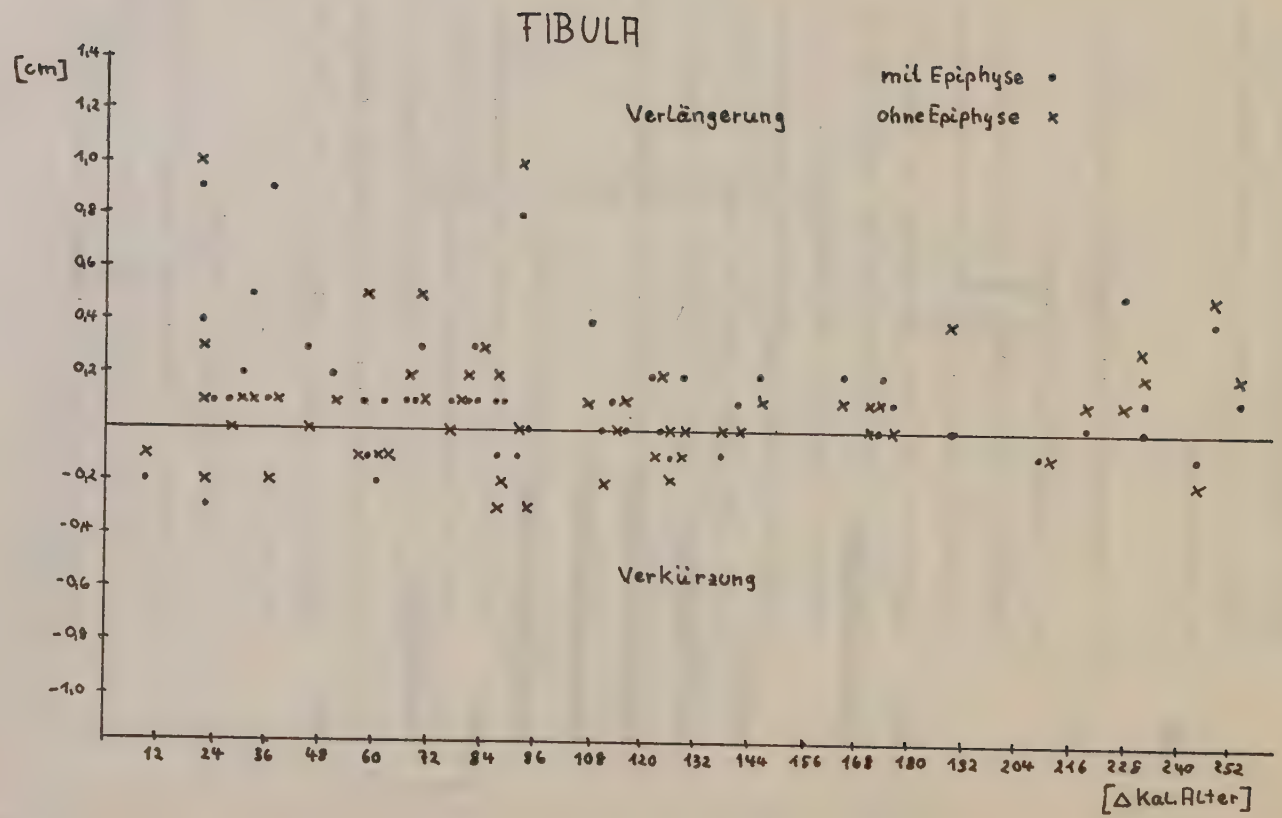
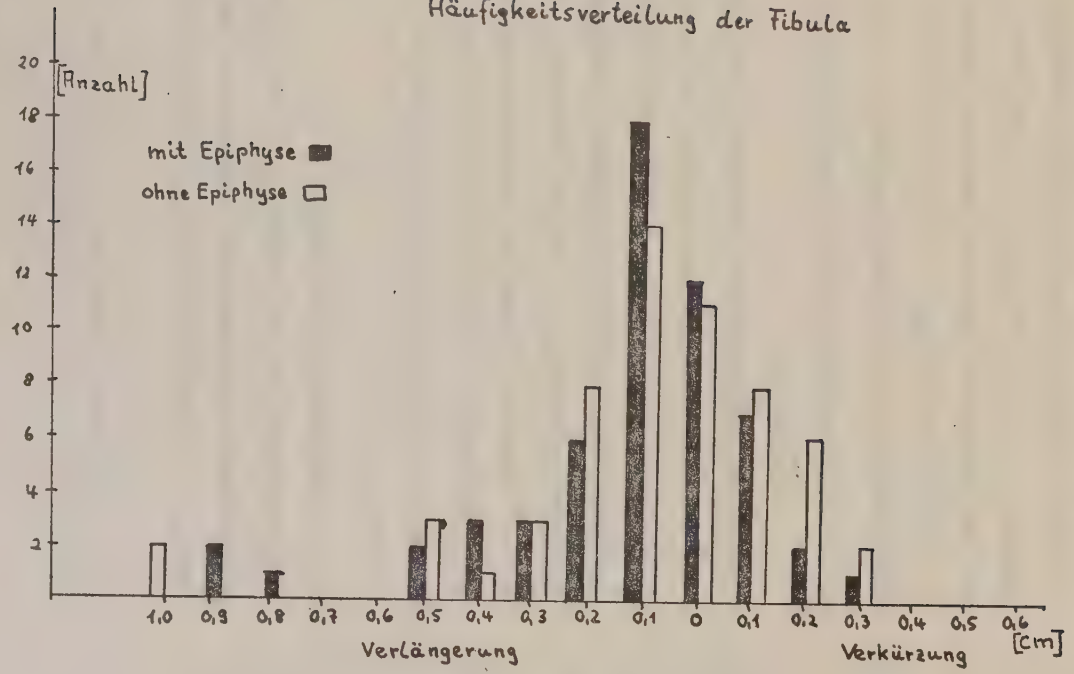

TIBULA
[cm]
mit Epiphyse •
ohne Epiphyse ×
Verlängerung
Verkürzung
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1,0
12 24 36 48 60 72 84 96 108 120 132 144 156 168 180 192 204 216 228 240 252
[Δ Kal. Alter]

Abb. 12b


Häufigkeitsverteilung der Fibula
[Anzahl]
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
mit Epiphyse
ohne Epiphyse
1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6
[cm]
Verlängerung
Verkürzung

nicht in die Auswertung mit einbezogen haben. Als Mittelmaß der Verlängerung errechneten wir bei der Meßung mit Epiphyse 0,11 cm, ohne Epiphyse 0,08 cm. (sh. Abb. 12a und 12b)

2.4.1.4. Längenmeßung des Metatarsus III

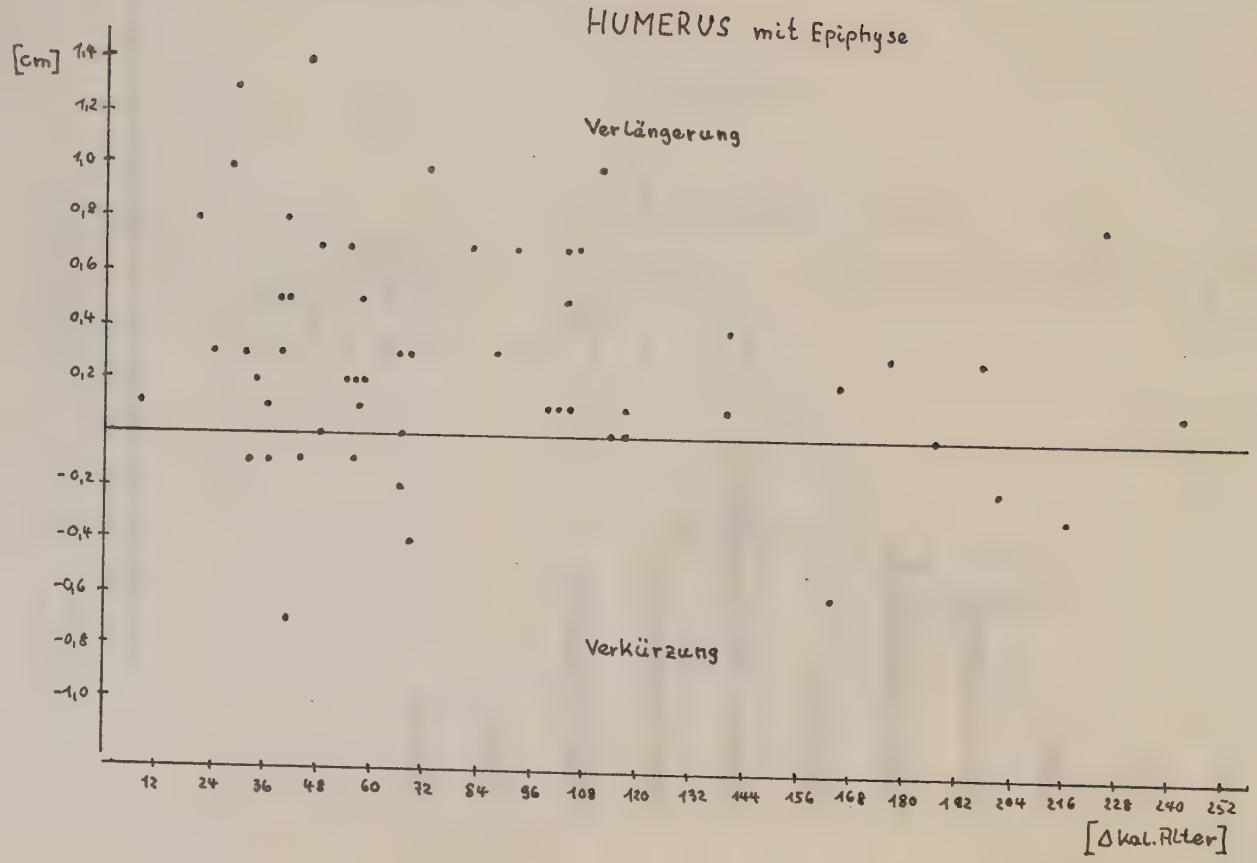
Auf Grund schlecht eingestellter Aufnahmen gelangten hier nur 52 Paare in die Auswertung. Bei der Meßung mit Epiphyse fanden wir dabei eine mittlere Verkürzung von 0,02 cm, ohne Epiphyse ebenfalls eine Verkürzung von 0,04 cm.

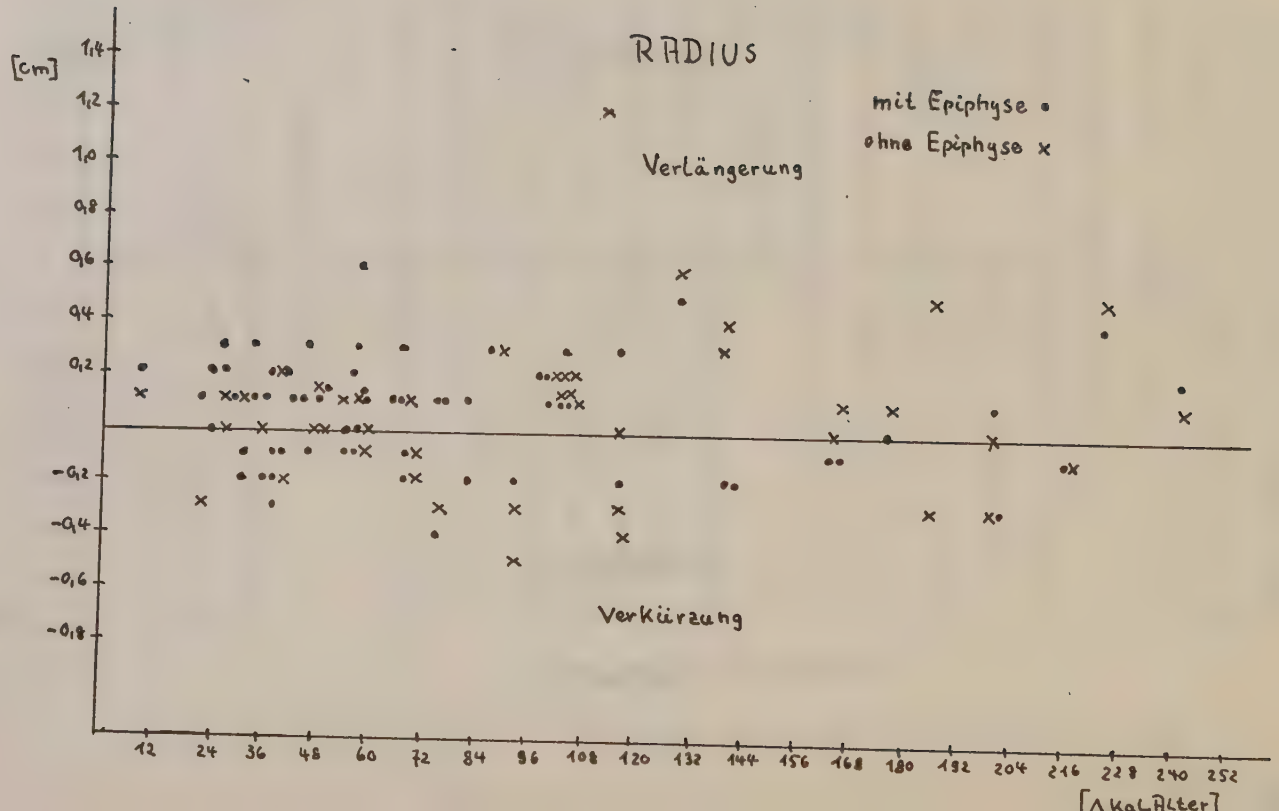
2.4.1.5. Längenmeßung des Metacarpus III bei Femurfrakturen

Da auch bei Femurfrakturen Aufnahmen des Handwurzelskelettes angefertigt wurden, um vielleicht einen Unterschied des Knochenalters auf der frakturierten Seite im Gegensatz zur gesunden Seite feststellen zu können, unterzogen wir auch 57 Paare von Händen der Längenmeßung. Dabei stellten wir eine mittlere Verlängerung mit Epiphyse von 0,08 cm und ohne Epiphyse von 0,02 cm fest.

2.4.1.6. Längenmeßung des Humerus

58 Humeruspaare wurden ebenfalls in vergleichsweiser Untersuchungsmethode ausgewertet. Bei den Meßungen des Humerus mit Epiphyse ergab sich eine


HUMERUS mit Epiphyse
[cm]
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1,0
Verlängerung
Verkürzung
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
168
180
192
204
216
228
240
252
[Δ kal. Alter]


RADIUS
mit Epiphyse •
ohne Epiphyse x
Verlängerung
Verkürzung
[cm]
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
168
180
192
204
216
228
240
252
[Δ KALENDERALTER]

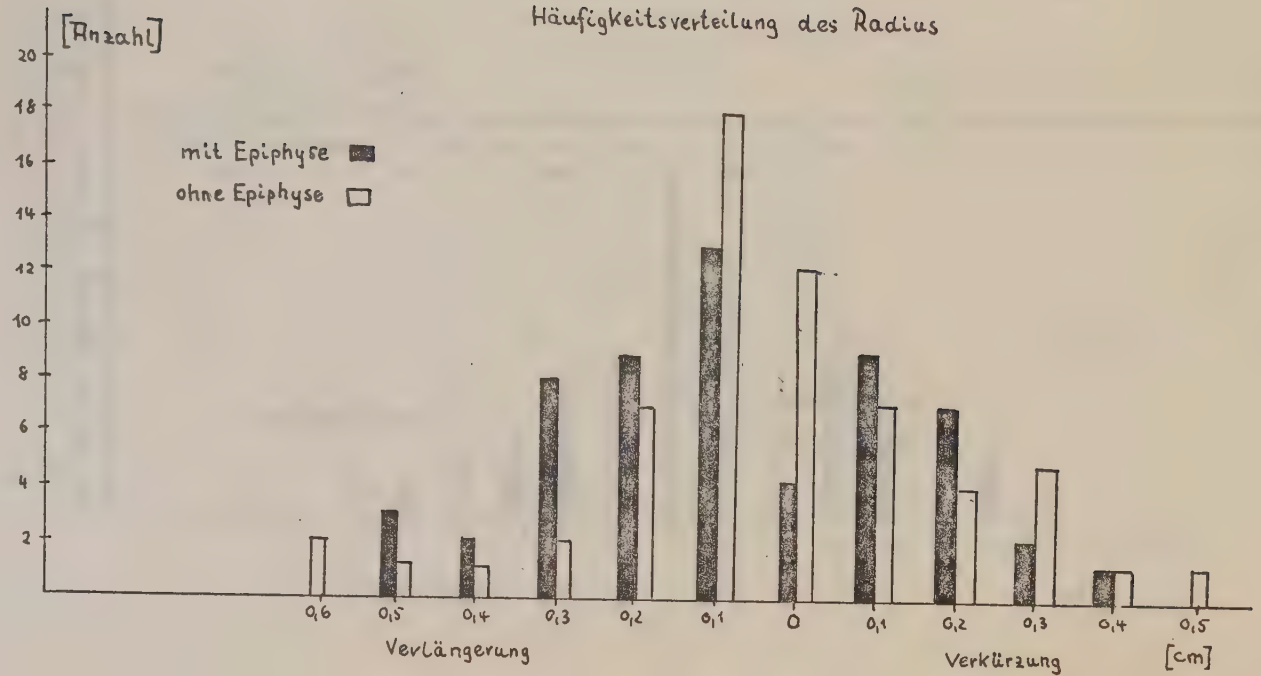

Häufigkeitsverteilung des Radius
[Anzahl]
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
mit Epiphyse
ohne Epiphyse
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
Verlängerung
Verkürzung
[cm]

Abb. 15a

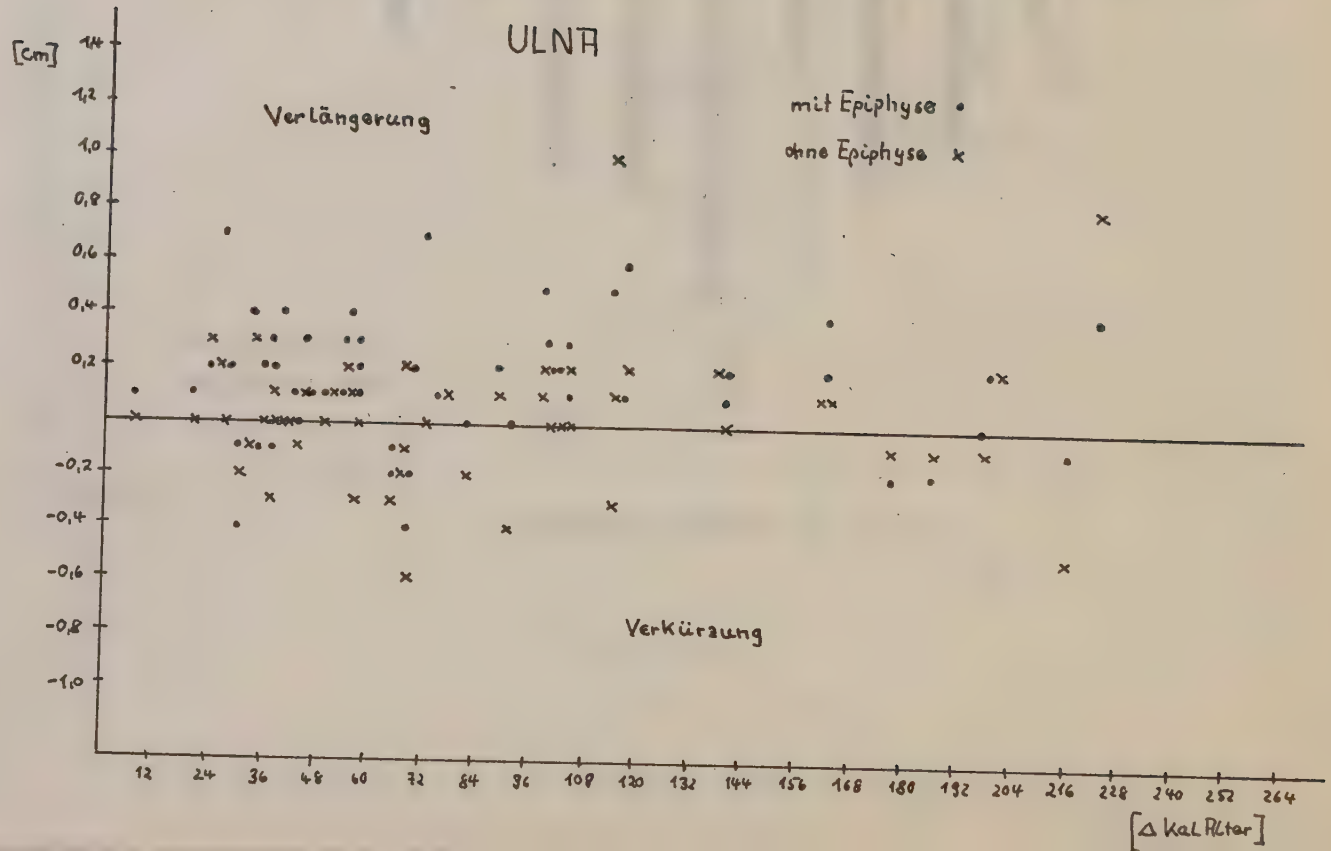
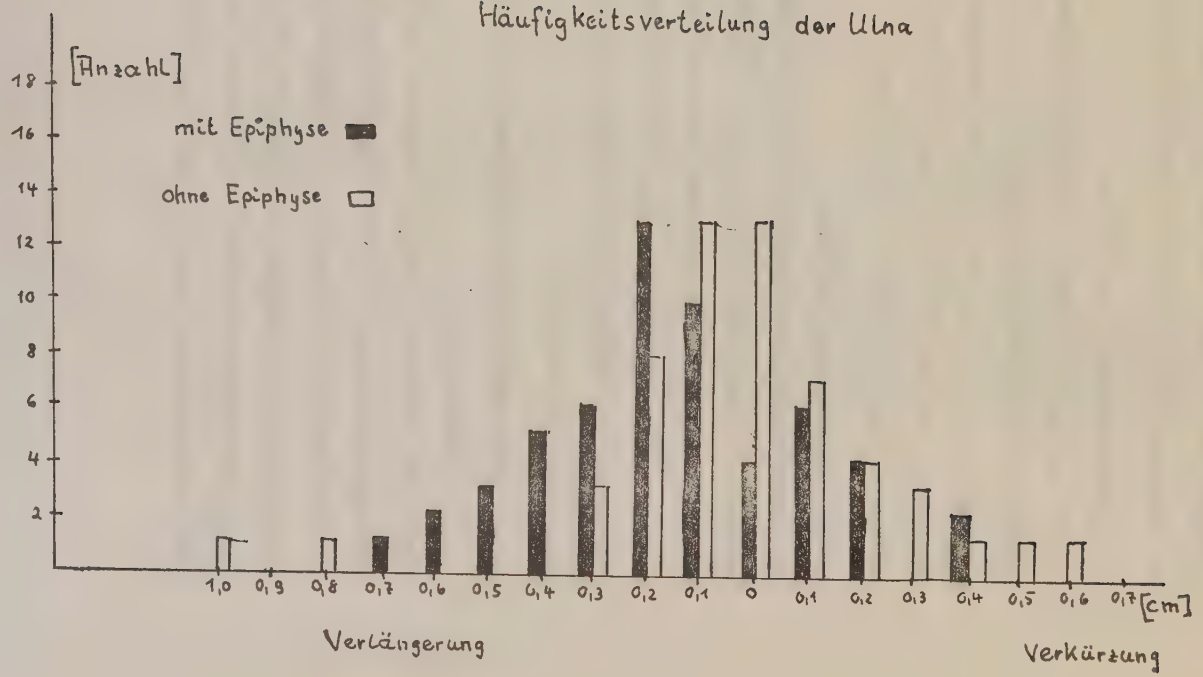

ULNA
[cm]
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1,0
Verlängerung
Verkürzung
mit Epiphyse
ohne Epiphyse
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
168
180
192
204
216
228
240
252
264
[Δ Kal Alter]

Abb. 15b


Häufigkeitsverteilung der Ulna
[Anzahl]
mit Epiphyse
ohne Epiphyse
18
16
14
12
10
8
6
4
2
1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 [cm]
Verlängerung
Verkürzung

durchschnittliche Verlängerung von 0,30 cm, ohne Epiphyse von 0,23 cm. (sh. Abb. 13) 7 Aufnahmen der Oberarme konnten nicht ausgewertet werden.

2.4.1.7. Längenmeßung des Radius

Bei 59 Radiuspaaren ergab sich eine mittlere Verlängerung der Meßung mit Epiphyse von 0,12 cm, der Meßung des Radius ohne Epiphyse von 0,08 cm. (sh. Abb. 14a und 14b) 6 Radiuspaare waren nicht meßbar, da das Filmformat zu klein war.

2.4.1.8. Längenmeßung der Ulna

Auf Grund schlechter Einstellung und fehlender überlanger Filmformate konnten nur 55 Ulnapaare der Vergleichsmeßung unterzogen werden. Die Messung der Ulna mit Epiphyse ergab eine mittlere Verlängerung von 0,12 cm, ohne Epiphyse von 0,20 cm. (sh. Abb. 15a und 15b)

2.4.1.9. Längenmeßung des Metacarpus III bei Oberarmfrakturen

Bei einer Gesamtzahl von 65 Patienten mit Oberarmfrakturen gelangten 63 Metacarpuspaare zur röntgenologischen Auswertung. 2 Aufnahmen von nachuntersuchten Kindern und Jugendlichen konnten nicht verwendet werden, da jeweils nur eine Hand gefilmt worden war und somit das Vergleichs-

TAB.-Knochenalter nach Femurfrakturen

Abb. 16a

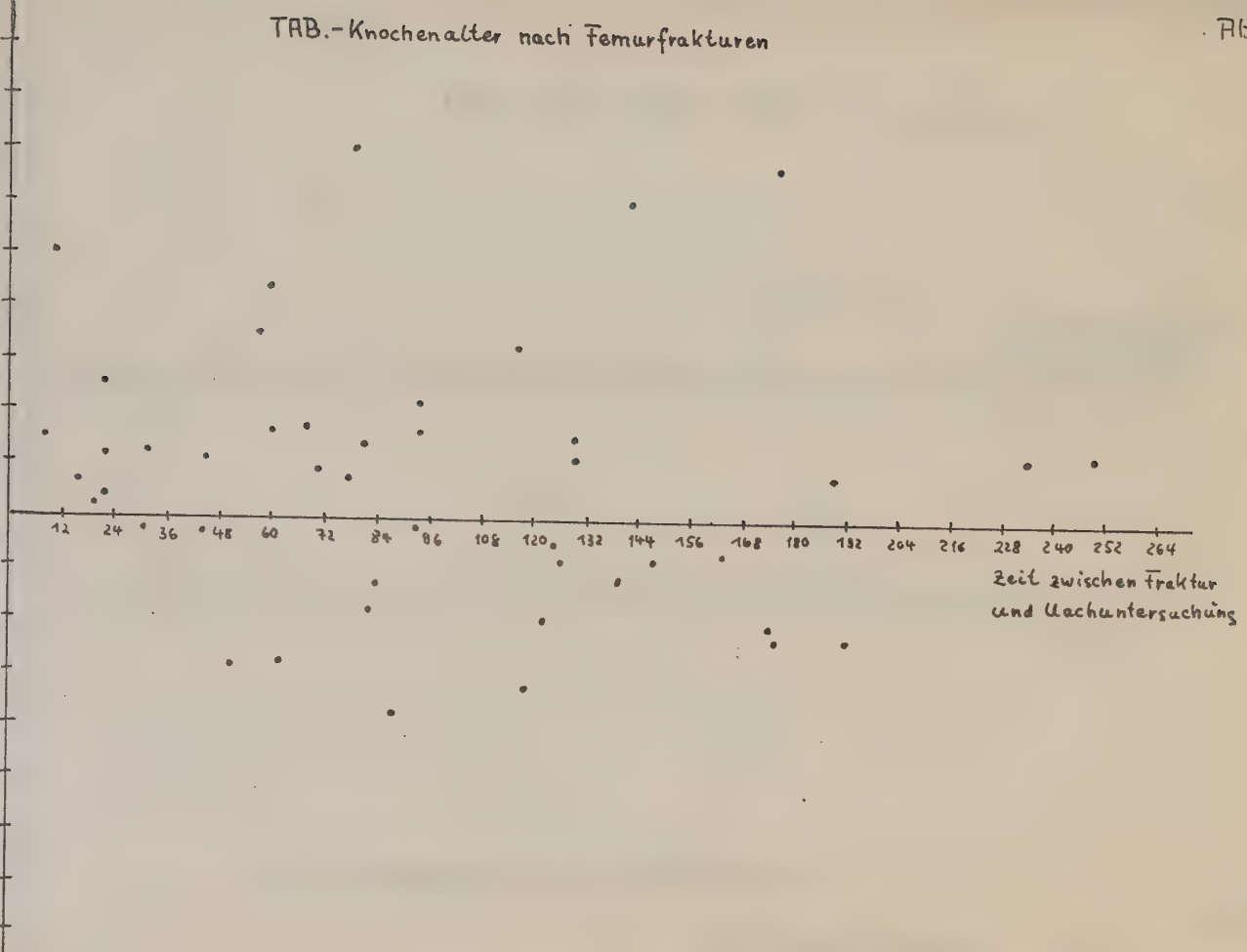
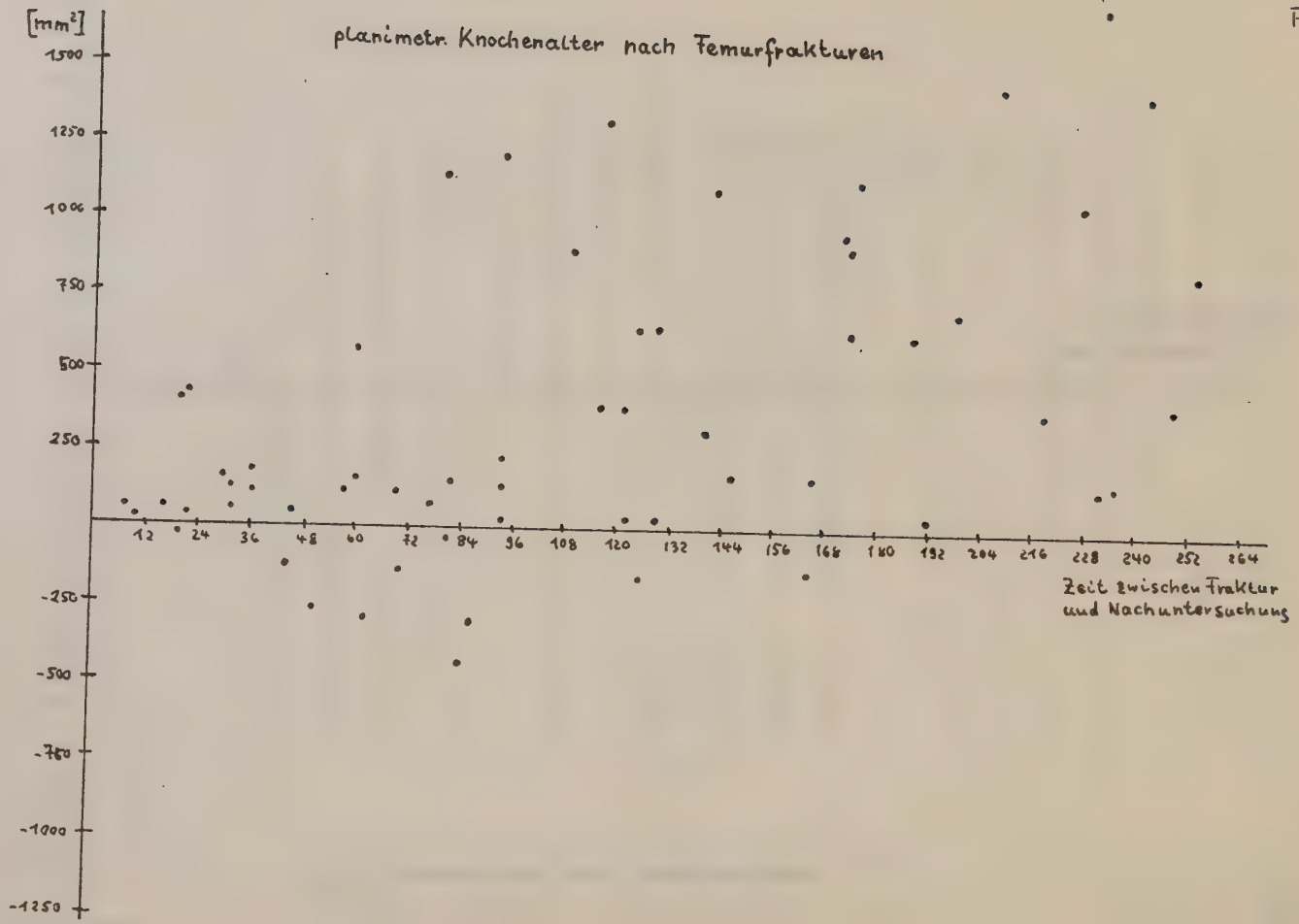


Abb. 16b


planimetr. Knochenalter nach Femurfrakturen
[mm²]
1500
1250
1000
750
500
250
-250
-500
-750
-1000
-1250
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
168
180
192
204
216
228
240
252
264
Zeit zwischen Fraktur und Nachuntersuchung

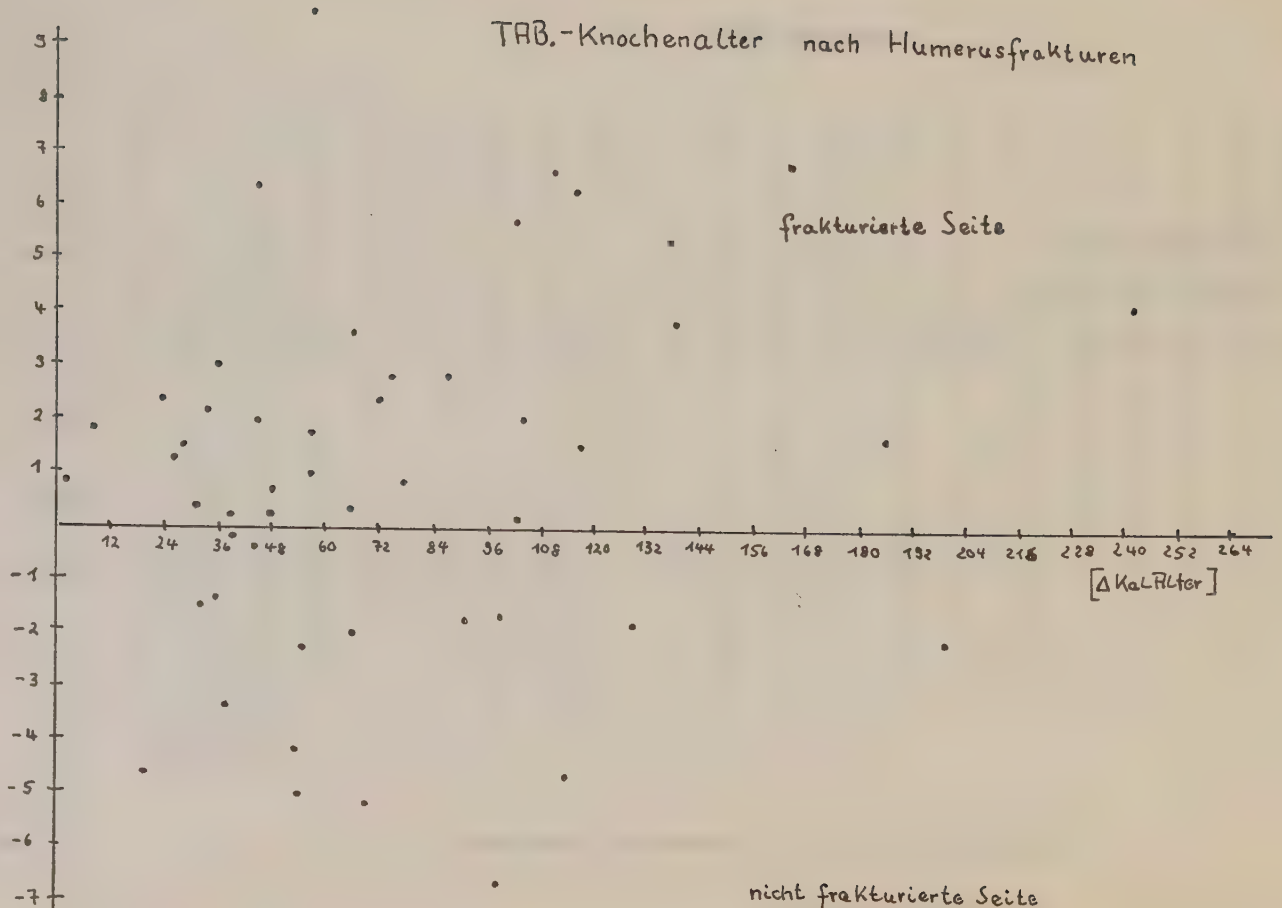
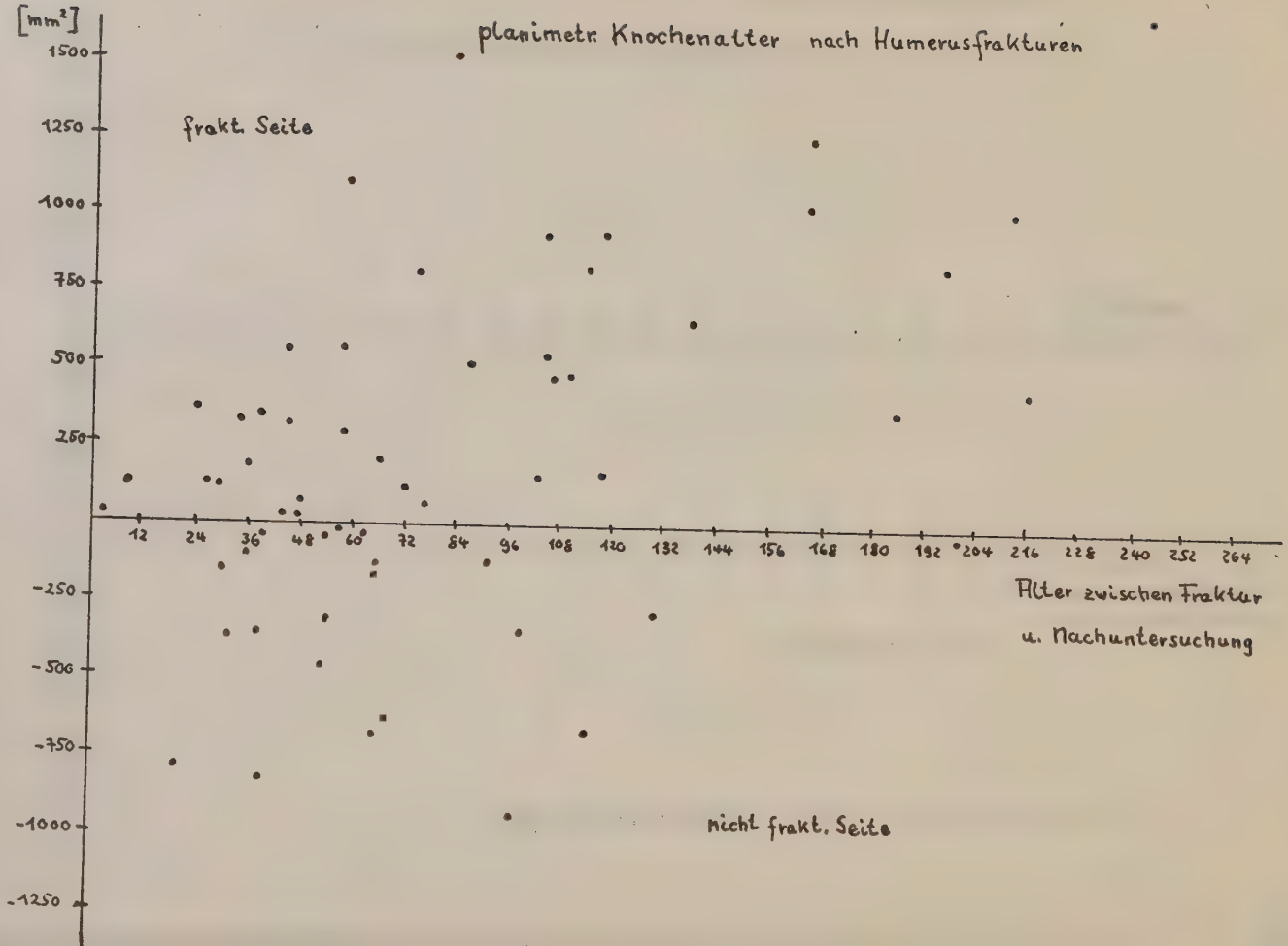

TAB.-Knochenalter nach Humerusfrakturen
frakturierte Seite
nicht frakturierte Seite
[Δ KaLAlter]
3
2
1
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
168
180
192
204
216
228
240
252
264

Abb. 17b


planimetr. Knochenalter nach Humerusfrakturen
[mm²]
1500
1250
1000
750
500
250
-250
-500
-750
-1000
-1250
frakt. Seite
nicht frakt. Seite
12 24 36 48 60 72 84 96 108 120 132 144 156 168 180 192 204 216 228 240 252 264
Alter zwischen Fraktur
u. Nachuntersuchung

maß fehlt. Die Meßung des Metacarpus III mit Epiphyse ergab eine mittlere Verlängerung von 0,05 cm, ohne Epiphyse ebenfalls 0,05 cm.

2.4.1.10. Bestimmung des Knochenalters

2.4.1.10.1. bei Femurfrakturen

Von 70 nachuntersuchten Patienten konnten 60 Röntgenaufnahmen der Carpalia zur planimetrischen Bestimmung des Knochenalters verwendet werden. Dabei ergab sich ein Größenplus der Handwurzelknochen der frakturierten Seite von 42 mm^2 gegenüber der nicht frakturierten Seite. In 8 Fällen wurde es vergessen, die Aufnahmen anzufertigen. Bei 2 Patienten wurde nur eine Hand aufgenommen. (sh. Abb. 16a und 16b)

2.4.1.10.2. bei Humerusfrakturen

Hier wurden 62 Röntgenaufnahmen der Handwurzelknochen ausgewertet. 3 Aufnahmen waren nicht brauchbar. Bei zwei wurde jeweils nur eine Hand aufgenommen, sodaß ein Seitenvergleich der Carpalia nicht möglich war, und eine Aufnahme zeigte nur die Hälfte der Handwurzelknochen im Röntgenbild auf Grund schlechter Einstellung. Nach Planimetrierung der Carpalia errechneten wir ein Größenplus der frakturierten Seite von 24 mm^2. (sh. Abb. 17a und 17b) Hierbei ist erstaunlich, daß die Carpalia bei Femurfrakturen

eine insgesamt fast doppelt so große Flächenzunahme auf der frakturierten Seite erfahren als die Carpalia bei Humerusfrakturen.

2.4.2. Statistische Auswertung

Um die Röntgenergebnisse auch statistisch beweisen zu können, suchten wir ein geeignetes Prüfungsverfahren, das eine statistische Signifikanz für die röntgenologisch gemessenen Längenunterschiede anzeigt. Nur auf Grund der Häufigkeitsverteilung der Längendifferenzen ein Ergebnis zu errechnen, erschien uns zu ungenau und fehlerhaft.

Bei der Untersuchung des anstehenden Problems gingen wir zunächst davon aus, daß die zwei Stichproben voneinander unabhängig sind, d.h. die Auswahl der n-Elemente (Anzahl der Messungen) aus der Grundgesamtheit "frakturierte Seite" hat keine Auswirkung auf die Auswahl der m-Elemente (Anzahl der Messungen) aus der Grundgesamtheit "nicht frakturierte Seite". Es kommen also nur Testverfahren über unabhängige Stichproben in Betracht. Innerhalb der möglichen Testverfahren bei unabhängigen Stichproben gibt es wiederum verteilungsabhängige und verteilungsunabhängige Testverfahren. Bei den verteilungsunabhängigen Ver-

fahren wird bei der Grundgesamtheit eine bestimmte Verteilungsfunktion - im allgemeinen die Normalverteilung - mit unbekanntem Mittelwert und bekannter Varianz σ^2/n vorausgesetzt. Das Ziel dieser Verfahren besteht darin, Aussagen über den Mittelwert $\bar{m}$ oder bei Vorliegen von zwei Stichproben, über die Differenz der beiden Mittelwerte zu machen (PFANZAGL; 1959).

Diese Verfahren können aber nur angewandt werden, wenn eine große Stichprobe vorliegt und die daraus gebildete Verteilungsfunktion asymptotisch normal verteilt ist. So kann die unbekannte Varianz mit der aus der Stichprobe gewonnenen Schätzung identifiziert werden. In unserem Fall ist der Stichprobenumfang zwar nicht übermäßig groß, aber man kann zu einer definitiven Aussage kommen.

Zu den verteilungsunabhängigen Verfahren bei unabhängigen Stichproben gehört die einfache Varianzanalyse (Rano-Test). Ihre Wirksamkeit ist jedoch geringer als die speziell auf die Normalverteilung abgestellten Verfahren. Diese etwas geringere Wirksamkeit hat zur Folge, daß bei gleicher Irrtumswahrscheinlichkeit die Gütefunktion kleiner wird. Also führt es dazu, daß ein bestehender

Unterschied bei Anwendung verteilungsunabhängiger Tests auf eine Normalverteilung etwas seltener als signifikant erkannt wird. (PFANZAGL)

Bei unserem Problem könnte man auch geneigt sein, davon auszugehen, daß zwei verbundene Stichproben vorliegen, weil jeweils dem Element n_i aus der Grundgesamtheit "frakturierte Seite" das entsprechende Element m_i aus der Grundgesamtheit "nichtfrakturierte Seite" gegenübersteht innerhalb eines Gesamtorganismus und nicht ein X-beliebiges Element m_i. Der Vorteil der verbundenen Vergleiche zu unabhängigen Stichprobe liegt darin, daß man bei Ersterer viel genauer vergleichen kann, da die Streuung, die zwischen verschiedenen Gesamtorganismen besteht, ausgeschaltet ist. Allerdings wird durch die Verwendung von verbundenen Stichproben gleichzeitig die Anzahl der Freiheitsgrade vermindert, was wiederum mit einem Verlust an Genauigkeit verbunden ist.

Auf die Frage, welche Verfahren hinsichtlich unserer Untersuchung anwendbar sind, kann man also folgendes feststellen:

a) Hinsichtlich der Verteilungsabhängigkeit bzw. Verteilungsunabhängigkeit kann man sagen, daß grundsätzlich die verteilungsunabhängigen Verfahren angewendet werden können, da der Umfang

der Stichprobe den statistischen Forderungen entspricht.

b) Hinsichtlich der Art der Stichprobe, ob unabhängig oder verbunden, können die Meinungen auseinandergehen. In unserem Fall wurde der Student-Test (Kategorie der unabhängigen Testverfahren) angewendet. Nach KLAPPER jedoch käme eben der Test mit verbundenen Stichproben in Betracht, da mit gewißen Einschränkungen eine Korrelation zwischen der jeweiligen frakturierten und nichtfrakturierten Extremität besteht.

T E S T V E R F A H R E N

(einfache Varianzanalyse)

nach PFANZAGL

Ihre Aufgabe ist die Prüfung der Hypothese, daß zwei vorliegenden Gruppen von Meßwerten gleiche Mittelwerte nx und ny bei bekannten Varianzen zugrunde liegen.

Voraussetzungen:	1) Meßwerte in den beiden Gruppen streuen nach der Normalverteilung, 2) die Meßwerte der beiden Gruppen sind voneinander unabhängig, 3) die gehörigen Varianzen zu den beiden Meßwertgruppen sind gleich

Daten: 2 Gruppen von Meßwerten: $x_1, x_2 \ldots, x_n$ (n Werte), $y_1, y_2 \ldots, y_m$ (m Werte), statistische Sicherheit S.

Anleitung:

Nebenrechnung:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \quad ; \quad \bar{y} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} y_i \quad ;$$

$$h_x = \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \; ; \quad h_y = \sum_{i=1}^{m}(y_i - \bar{y})^2 \; ;$$

Berechnung der Hilfsgröße H:

$$H = (\bar{x} - \bar{y}) \cdot \sqrt{\frac{n \cdot m \cdot (m+n-2)}{(m+n) \cdot (h_x + h_y)}}$$

Ablesung in der Tabelle der t-Verteilung:

je nach anstehender Gegenhypothese:

Wahrscheinlichkeit	P = S	$P = \frac{1+S}{2}$
Freiheitsgrade	f = n+m-2	f = n+m-2
Tabellenwert	$t = t_f(P)$	$t = t_f(P)$

Entscheidung:

Die Hypothese der Gleichheit der Mittel μ_x und μ_y ist je nach anstehender Gegenhypothese dann zu verwerfen, wenn sich ergab:

	$H > t$	$\lvert H \rvert > t$
Gegenhypothese	$\mu_x > \mu_y$	$\mu_x \neq \mu_y$

Dabei ergaben sich bei unseren Nachuntersuchungen folgemde Ergebnisse:

F E M U R

Anzahl: 50

	mit Epiphyse		ohne Epiphyse	
	frakt.		frakt.	
$\bar{m}$	39,79	39,55	36,15	35,96
G	8,775	8,859	8,495	8,478
t	0,1406		0,1060	
%	90 %		90 %	

H U M E R U S

Anzahl: 58

	mit Epiphyse		ohne Epiphyse	
	frakt.		frakt.	
$\bar{m}$	26,53	26,25	24,43	24,22
G	6,113	6,109	5,555	5,541
t	0,2456		0,2061	
%	80 %		80 %	

T I B I A

Anzahl: 55

	mit Epiphyse		ohne Epiphyse	
	frakt.		frakt.	
$\bar{m}$	33,18	33,08	29,76	29,65
G	7,663	7,685	6,955	6,989
t	0,0708		0,0773	
%	95 %		95 %	

R A D I U S

Anzahl: 59

	mit Epiphyse		ohne Epiphyse	
	frakt.		frakt.	
$\bar{m}$	19,74	19,62	18,30	18,22
G	4,453	4,474	3,956	4,004
t	0,1383		0,1008	
%	90 %		90 %	

F I B U L A

Anzahl: 54

	mit Epiphyse		ohne Epiphyse	
	frakt.		frakt.	
$\bar{m}$	31,77	31,66	29,14	29,06
G	7,018	7,036	6,409	6,415
t	0,0836		0,0645	
%	92 %		95 %	

U L N A

Anzahl: 55

	mit Epiphyse		ohne Epiphyse	
	frakt.		frakt.	
$\bar{m}$	20,45	20,25	17,48	17,60
G	4,745	4,820	6,878	7,066
t	0,2145		0,0943	
%	83 %		92 %	

	METATARSUS Anzahl: 52			
	mit Epiphyse		ohne Epiphyse	
	frakt.		frakt.	
$\bar{m}$	6,03	6,04	4,55	4,58
σ	1,464	1,495	1,380	1,417
t	0,0631		0,1298	
%	95 %		90 %	

	METACARPUS Anzahl: 63			
	mit Epiphyse		ohne Epiphyse	
	frakt.		frakt.	
$\bar{m}$	5,21	5,15	3,84	3,80
σ	1,117	1,101	1,050	1,041
t	0,2855		0,2814	
%	80 %		80 %	

	CARPALIA bei Femurfraktur Anzahl: 60	
	frakturiert	nicht frakt.
$\bar{m}$	14,38	13,92
σ	8,9849	8,8558
t	0,2779	
%	80 %	

	CARPALIA bei Humerusfraktur Anzahl: 62	
	frakturiert	nicht frakt.
$\bar{m}$	11,14	10,90
σ	7,7516	7,3955
t	0,1767	
%	90 %	

Als Ergebnis dieser statistischen Untersuchungsanalyse trat in allen Fällen, gleichgültig, ob es sich um Personen mit Oberarm- oder Oberschenkelfrakturen handelte, k e i n e Signifikanz auf.

Wir hätten auf Grund der Untersuchungen von FLACH, GEISBE, und FENDEL sowie SINGER und KRAFF u.a. erwartet, daß sich die Längendifferenz des betroffenen Röhrenknochen (Femur und Humerus) als statistisch, signifikant erweisen würde. Es wurde zwar bei Femurlängenmeßungen eine effektive Längendifferenz von 0,24 cm, bei der Meßung mit der Epiphyse und 0,81 bei der Meßung ohne Epiphyse errechnet, doch diese ist mit einer 90 %igen Unwahrscheinlichkeit behaftet. Ähnlich liegt der Sachverhalt bei den Längenmeßungen am Oberarm. Die gemeßene Längendifferenz von 0,2 - 0,3 cm ist zu 80% nicht signifikant.

Die Frage, ob sich eine effektive Längenzunahme auch auf die distal gelegenen Röhrenknochen (bei Femurfrakturen also Tibia. Fibula und Metatarsus III, bei Humerusfrakturen Radius, Ulna ued Metacarpus III) zeigt, müssen wir auf Grund der statistischen Analyse der röntgenologischen Längenmeßungen verneinen. In allen Fällen tritt eine statistische Unwahrscheinlichkeit von 80% - 95% auf.

Dieses Untersuchungsergebnis ist allerdings nicht ganz unerwartet, denn es zeigt doch einen Wachstumsreiz, der sich auf diese Röhrenknochen

überträgt. Allerdings konnten wir keine Signifikanz dabei beweisen.

Bei der statistischen Analyse des Knochenalters erhielten wir ein ähnliches Untersuchungsergebnis, wie bei den Längenmessungen der Röhrenknochen. Die carpometrische Knochenalterbestimmung bei Femurfrakturen zeigte zwar eine Zunahme auf der frakturierten Seite von 42 mm^2, war dabei jedoch mit einer 80 %igen statistischen Unsicherheit behaftet. Desgleichen wies auch die Carpometrische Knochalterbestimmung bei Humerusfrakturen ein Größenplus der frakturierten Seite von 24 mm^2 auf. Doch hierbei beträgt die statistische Unwahrscheinlichkeit 90 %. Diese beiden Untersuchungsergebnisse stehen also im Widerspruch zu den Ergebnissen von FLACH, GEISBE und FENDEL. In ihren Untersuchungen konnten sie das errechnete Größenplus des Carpalia statistisch hinreichend sichern.

C. Diskussion

Man unterscheidet heute grundsätzlich Frakturen des Kindes von denen des Erwachsenen. Im allgemeinen Teil dieser Arbeit erörterten wir die verschiedenen Behandlungsmethoden von Oberschenkel- und Oberarmfrakturen im Kindesalter. Als konservative Behandlungsmethode bei Femurfrakturen wird fast übereinstimmend die RUSSEL-Extension angewandt. Nur bei älteren Kindern sehen viele Autoren auch die Drahtextension mit dem STEINMANN-Nagel indiziert. Frakturen der Schaftmitte des Femur können bei Kindern, die älter als 6 - 10 Jahre sind, mit der Marknagelung nach KÜNTSCHER operativ reponiert werden (RETTIG, DAUM u. a.). Oberarmbrüche werden überwiegend konservativ behandelt (GROß, BOEHLER). Dabei ist eine eventuelle Verkürzung des Humerus von wenigen Zentimetern völlig unbedeutend, weil die obere Extremität keinerlei Bedeutung für die Statik des Skelettsystems besitzt wie etwa die untere Extremität. Bei supracondylären Oberarmfrakturen sprechen sich CHRISTIDI, BLOCK und andere für die operative Fixierung der Fragmente aus. Im Regelfalle sollte jegliche Verkürzung bei supracondylären Oberarmfrakturen vermieden und ideal reponiert werden, um eine spätere Bewegungseinschränkung im Ellgobengelenk auf Grund schlecht gestellter Reposition von vorne herein auszuschließen.

In unseren Nachuntersuchungen gliederten wir das Krankengut nach Lokalisation der Brüche, Art der einzelnen Frakturen und Therapie auf. 88,9% der nachuntersuchten Kinder und Erwachsenen waren subjektiv völlig beschwerdefrei. 15 Patienten gaben leichte Beschwerden an, die jedoch das Allgemeinbefinden nicht sonderlich beeinträchtigen. Eine Einschränkung der Beweglichkeit im Seitenvergleich wurde bei Nachuntersuchten mit Oberschenkelfrakturen am Hüftgelenk (bei 20%) und am Kniegelenk (bei 3%) festgestellt. Patienten, die eine Oberarmfraktur erlitten hatten, wiesen eine Bewegungsminderung im Schultergelenk (bei 9%) und Ellbogengelenk (bei 10,8%) auf. Die röntgenologische Längenmessung des frakturierten und gesunden Knochens ergab bei Femurfrakturen eine Verlängerung des gebrochenen Oberschenkels von 0,2 cm, bei Humerusfrakturen von 0,27 cm. Die Längendifferenz der distal gelegenen Röhrenknochen lagen in einem Bereich von 0,19 - 0,08 cm. Außerdem wurden noch Metatarsus III und Metacarpus III gemessen, deren Längendifferenzen jedoch minimal und unerheblich sind. Die carpometrische Bestimmung des Knochenalters ergab in der Untersuchungsreihe Oberschenkelfrakturen und in der Untersuchungsreihe Oberarmfrakturen ein Größenplus (42 mm^2 und 24 mm^2) der frakturierten Seite gegenüber der gesunden Seite. In keinem Fall war es je-

doch möglich, diese röntgenologischen Längenmeßergebnisse statistisch zu sichern.

Eine Gegenüberstellung der operativen und konservativen Behandlungsmethode bei Femur- und Humerusfrakturen erübrigt sich in dieser Arbeit. Von insgesamt 135 Patienten, die sich unserer Nachuntersuchung unterzogen hatten, waren nämlich nur 3 Patienten operativ behandelt worden. Es ist deshalb nicht möglich festzustellen, welche Behandlungsmethode (ob operativ oder konservativ) die optimalen Heilungsergebnisse bringt. Unserer Meinung nach sollte grundsätzlich zuerst die konservative Behandlung versucht werden. Sie ist für den Patienten am wenigsten gefährdend und bringt in überwiegender Zahl optimale Heilungsergebnisse. Die Indikation zur Operation sollte sehr streng gestellt werden. Nur Kinder mit Frakturen, bei denen mit der konservativen Methode kein zufriedenstellendes Repositionsergebnis zu erreichen ist, sollten operativ behandelt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit stellten wir auch die in der Literatur vorgebrachten Anschauungen zur Frage der Längenwachstumszunahme nach traumatischen Knochenlsionen dar. Wie viele andere fanden wir nach Frakturen kindlicher Röhrenknochen in den meisten Fällen geringfügig verstärktes Längenwachstum der Frakturseite im Vergleich mit der gesunden Seite.

Nur selten registrierten wir keine Längendifferenz oder eine meßbare Verkürzung im Endresultat. Die Verlängerung des frakturierten Knochens erscheint nur dann erheblich zu sein, wenn man die primär eingetretene Verkürzung mitrechnet. Diese relative Verlängerung, die ein Gesamtmaß des gesteigerten Wachstums, also effektive Verlängerung und primäre Verkürzung darstellt, wird in der Literatur auch als effektive Wachstumszunahme bezeichnet. Unberücksichtigt bleibt jedoch bei dieser Maßnahme die Verkürzung durch Resorption an den Frakturenden um ca.0,5 cm. Nach BOEHLER und GEISER entsteht nämlich diese Resorptionszone im Heilungsablauf des Knochenbruches auf Grund der rekonstruktiven und reparativen Maßnahmen des Gesamtorganismus vor allem bei Frakturen ohne dislocatio ad axim. In unserer Untersuchungsreihe stellten wir eine effektive Verlängerung von 0,15 % bei Oberschenkelfrakturen unnd 0,20 % bei Oberarmfrakturen fest. Diese auf Grund der Nachuntersuchung erzielte Längendifferenz zwischen frakturiertem und nicht frakturiertem Knochen stimmt weitgehend mit den Messungen von FLACH, GEISBE und FENDEL überein. Diese untersuchten 40 Patienten mit Femurfrakturen und erzielten bei der Auswertung der Längendifferenzen eine Signifikanz von 92 %. Im Gegensatz dazu zeigen die Arbeiten von SINGER, KRAFT, FLACH und KUDLICH keinerlei statistische Sicherung

der Längenergebnisse. SINGER und KRAFT fanden bei 17 Kindern, die im Augenblick des Unfallereignisses 3/4 bis 12 Jahre alt waren, in der Nachuntersuchung (10 - 44 Monate später) ein zusätzliches Wachstum des frakturierten Knochens von durchschnittlich 1,1 cm. Diese Anzahl Patienten ist natürlich zu gering, um diese effektive Längendifferenz zwischen gesunder und frakturierter Seite statistisch untermauern zu können. Außerdem muß man erwähnen, daß eine mögliche Art der Verlängerung bei Femurfrakturen nicht durch Wachstumsbeschleunigung hervorgerufen wird. Es handelt sich um einen Längenzuwachs des Femur infolge Aufrichtung des Schenkelhalswinkels. Ein solches Verhalten kann man häufig nach monatelanger Ruhigstellung der Extremität beobachten. (SCHENK).

FLACH und KUDLICH, die ebenfalls auf ein überschießendes Längenwachstum nach Frakturen hinweisen, maßen in ihren Untersuchungen keine echten Seitendifferenzen.Sie registrierten lediglich eine relative Verlängerung (= primäre Verkürzung plus effektive Verlängerung) des frakturierten Knochens gegenüber dem gesunden. Wir müssen auf Grund unserer Untersuchungen annehmen, daß sich in allen Fällen zwar eine eingetretene Verkürzung infolge des Bruches im Regelfalle wieder ausgleicht, jedoch keine effektive Längenzunahme des frakturierten Knochens eintritt.

Die meisten Frakturheilungen führen im Endeffekt also nicht zu einer meßbaren Verlängerung. Es bleibt die Frage offen, ob sich dieser Wachstumszuwachs in unseren Untersuchungen nur deshalb so minimal ausdrückt, weil rund 95 % der Patienten konservativ behandelt wurden. Nach den Arbeiten von DAUM, FLACH u.a. muß man dies verneinen, da kein definitiver Unterschied zwischen operativer und konservativer Therapie bezüglich der Längenzunahme nach Frakturen bestehen soll. Operativ oder konservativ behandelte Frakturen führen bei unkompliziertem Verlauf zu keinen unterschiedlichen Verlängerungen (DAUM). Therapeutische Konsequenzen wie sie BLOUNT oder REHBEIN teilweise mit einer iatrogen gesetzten Verkürzung bei Frakturen der unteren Extremität fordern, sind deshalb nicht erforderlich. Bei primär verkürzten Brüchen tritt die Wachstumszunahme nach unseren Beobachtungen während der Bruchheilung in den ersten Monaten auf. FLACH, GEISBE und FENDEL, die ebenfalls diese Meinung vertreten, glauben, daß es deshalb nicht zu einer sekundären Wachstumsverzögerung kommt. Diese hätte nämlich einen vorzeitigen Epiphysenschluß mit dem biologischen Ziel des Längenausgleichs zur Folge. Um jedoch diese Frage hinreichend klären zu können, müßten ausreichende histologische Längenschnittuntersuchungen, die bisher noch nicht vorliegen, ausgewertet werden.

In unserer Arbeit untersuchten wir auch das Längenwachstum der distal des frakturierten Knochens gelegenen Röhrenknochen. Dabei zeigen Radius, Tibia, Ulna und Fibula ebenfalls eine effektive Verlängerung von 0,1 - 0,2 cm bei Vergleich der frakturierten Seite gegenüber der gesunden. Metacarpus III und Metatarsus III weisen dagegen keine meßbare Längendifferenz mehr auf. Das überschießende Längenwachstum scheint also abzunehmen, je weiter die Fraktur entfernt ist. Es gelang aber in keinem Fall diese Wachstumsunterschiede ausreichend statistisch zu sichern. Das bedeutet, daß alle gemessenen effektiven Längendifferenzen zwar auf ein beschleunigtes bzw. überschießendes Wachstum der jeweiligen Extremität zurückzuführen sind, dieses Wachstum dabei aber so minimal ist, daß es nicht als signifikant gelten kann. Allerdings gingen wir bei der Längenvergleichsmessung von der Hypothese aus, daß beide Knochen jeweils vor dem Trauma gleich lang waren. Es ist jedoch durchaus möglich, daß alle gemessenen Längenunterschiede, vor allem bei den distal gelegenen Knochen Radius, Tibia, Ulna und Fibula bereits vorher bestanden haben. Ebenso wie AITKEN, JONASCH u.a. stellten wir fest, daß ein mögliches Längenwachstum nach einer Fraktur nicht durch die Art der Fraktur beeinflußt wird. SINGER und KRAFT

dagegen glauben, daß der Wachstumsimpuls und damit der Verlängerungszuwachs bei schweren Trümmerfrakturen besonders stark ist. Ihrer Meinung nach ist dieser Wachstumsreiz die Hyperämie. Sie tritt dadurch auf, daß die Versorgung des Knochens durch die A.nutricia von einer Fraktur gestört wird und dann Anastomosen von den meta- und epiphysären Gefäßen her die Blutversorgung übernehmen. Auf diese Weise wird das Epiphysengebiet wesentlich stärker von Blut durchströmt und es kommt zu einer das Wachstum stimulierenden Hyperämie. FLACH und KUDLICH dagegen stehen auf dem Standpunkt, daß die Verlängerung des kindlichen Knochens nach Frakturen durch eine Reaktion der Epiphyse auf den Reiz der Fraktur zustande kommt. Versuche mit radioaktivem Phosphor haben ergeben, daß der Knochen nicht im Bereich der Fraktur, sondern in seiner Gesamtheit reagiert, wodurch auch die Epiphyse beeinflußt werden kann. (HUTCHINSON). Solange die Epiphyse selbst nicht geschädigt ist, reagiert sie auf die verschiedensten Reize. (Entzündungen,Fraktur, Hyperämie usw.)

Weiterhin ist ein mögliches Längenwachstum nach einer Fraktur nicht abhängig vom Alter des Patienten. SINGER, FLACH u.a. kamen in ihren Untersuchungen zu dem gleichen Ergebnis, daß eine

Beziehung zwischen Verlängerung und Alter nicht zu erkennen sei. Desgleichen ist die mittlere Verlängerung des frakturierten Knochens nach mehreren Jahren nicht größer oder kleiner als nach Ablauf des ersten Jahres.

Wenn nun aber von dem Bruch ein stimulierender Effekt auf die Epiphyse ausgeübt wird, dann könnte man annehmen, daß der Abstand der Frakturstelle von den Epiphysen einen Einfluß auf ein mögliches Längenwachstum habe. Nach den wohl im wesentlichen anerkannten Zahlen von BALDWIN und HUTCHER geht das Längenwachstum des Beines zu 67 % von der distalen Femur- und der proximalen Tibiaepiphyse aus.(DIGBY, HENDERSON u.a.). Demnach müßte eine Fraktur im distalen Drittel des Femur ein stärkeres Längenwachstum erzeugen als Brüche, die epiphysenferner liegen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Alle Mittelwerte der Verlängerung liegen im Bereich der Streubreite. Auch FLACH, FENDEL und GEISBE kamen in ihren Untersuchungen zu ungefähr gleichen Ergebnissen.

Bei graphischer Darstellung der gemessenen effektiven Längen der jeweiligen Knochen ist zwar eine Wachstumszunahme festzustellen, die auch die distal angrenzenden Skelettabschnitte betrifft. Dieses Mehrwachstum ist aber statistisch gesehen mit einer 92 %igen Irrtumswahrscheinlichkeit behaftet.

Das bedeutet, daß dieses überschießende Längenwachstum statistisch nicht signifikant ist und deshalb als völlig unbedeutend vernachlässigt werden kann. Das Längenwachstum nach einer Fraktur stellt immer nur den Längenausgleich zwischen frakturierter und gesunder Seite her. Es überträgt sich minimal auch auf die distal gelegenen Röhrenknochen, was aber meßtechnisch unerheblich ist. FLACH, FENDEL und GEISBE glauben zwar, daß der vom Knochentrauma ausgehende Wachstumsreiz auch auf die distal angrenzenden Skelettabschnitte wirkt. Sie haben jedoch keine Signifikanz dabei aufzeigen können, die dieses Mehrwachstum bedeutungsvoll erscheinen ließe. Ebenso können SINGER und KRAFT keine statistische Sicherung für die gleiche Behauptung vorbringen. Bei Frakturen des Radius gelang es FLACH, FENDEL und GEISBE eine signifikante Ossifikationsbeschleunigung des Handwurzelknochens nachzuweisen. Sie errechneten beim Vergleich der frakturierten Seite mit der gesunden Seite ein Größenplus von 35 mm^2 der frakturierten Handwurzelknochen. Die Signifikanz dabei beträgt 95 %.

Mit derselben Methode, die FLACH et alii anwandten, bestimmten auch wir das Knochenalter der Patienten nach Oberschenkel- und Oberarm-

frakturen. Jedoch ist in unseren Fall das Größenplus der Carpalia der fraktureirten Seite, das sowohl bei Oberschenkelbrüchen (42 mm^2) als auch bei Oberarmfrakturen (24 mm^2) errechnet wurde, statistisch in keiner Weise signifikant. Dabei muß man jedoch beachten, daß das Größenplus der Carpalia, das unsere Patienten aufweisen, in der Größenordnung mit dem aus den Untersuchungen von FLACH fast übereinstimmt. Allerdings bestimmten wir dieses Knochenalter bei 62 Patienten mit Humerusfrakturen und 60 Patienten mit Oberschenkelfrakturen. FLACH und FENDEL dagegen bewiesen die Signifikanz der planimetrisch gemessenen Größenunterschiede der Handwurzelknochen nur an 33 Patienten mit distalen Unterarmfrakturen. Nachdem aber die Beweiskraft einer statistischen Aussage umso größer ist, je größer die Anzahl der vorhandenen Fälle ist, können wir also nur behaupten, daß zwar ein unbedeutendes Mehrwachstum der Carpalia auf der Frakturseite vorhanden ist, dieses aber zu 80 % - 90 % von variablen Faktoren abhängig ist.

Man könnte das Größenplus der Handwurzelknochen, das auch an Hand der graphischen Darstellung erkennbar ist, zweifach erklären. Die Carpalia auf der Frakturseite werden endgültig größer sein als auf der nicht frakturierten Seite. Dabei

hat möglicherweise der erlittene Oberschenkelbruch bzw. Oberarmbruch keinen Einfluß auf ihre Größe. Demgegenüber könnte man aber auch die Meinung vertreten, daß die Carpalia auf der Frakturseite früher die Termination der Verknöcherung erreichen. Dies würde bedeuten, daß das Wachstum auf der frakturierten Seite früher als auf der gesunden Seite beendet wird. Dabei könnte also die Stimulierung des Knochenwachstums infolge einer Fraktur cerebral geregelt werden. Größendifferenzen der Handwurzelknochen bedeuten aber nicht notwendigerweise unterschiedliche Knochenreife. Man darf nie aus dem Entwicklungsgrad eines Skeletteiles auf den des ganten Skelettes schließen (SCHMID und HOMMA). Das Handskelett kann zum Beispiel in einem Fall stärker verknöchert sein als in einem anderen, während gleichzeitig das Fußskelett oder das Ellbogenskelett wesentlich geringer ausgebildet ist (SCHMID und TODD). Wachstumsveränderungen treten in unseren Untersuchungen nach Frakturen der oberen und der unteren Extremität auf. Sie sind jedoch auf Grund unserer Ergebnisse nicht signifikant und deshalb auch nicht verwertbar.

D. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden Katamnesen von Patienten mit Oberschenkel- und Oberarmfrakturen erhoben. Insbesondere wurde Wert darauf gelegt, ob sich ein überschießendes Längenwachstum des frakturierten Röhrenknochens auch auf die distal gelegenen Knochen überträgt. Dabei wurde zugleich das carpometrische Knochenalter der frakturierten Seite mit dem der gesunden Seite verglichen.

Wir untersuchten Patienten im Alter von 3/4 - 31 1/2 Jahren mit Oberschenkelbrüchen und Patienten im Alter von 1 - 23 1/2 Jahren mit Oberarmfrakturen. Insgesamt wurden 584 Patienten schriftlich aufgefordert sich in einer klinischen und röntgenologischen Nachuntersuchung vorzustellen. Es erschienen 135 Patienten ÷ 70 mit Oberschenkelfrakturen und 65 mit Oberarmfrakturen.-

87 % der nachuntersuchten Kinder, Jugendlichen und Erwachsenen konnten als geheilt und gesund angesehen werden. 11 % gaben leichte subjektive Beschwerden an, die jedoch das Gesamtbefinden nicht wesentlich beeinträchtigten. Bei der Prüfung der Gelenkfunftionen stellten wir bei 20 % der Nachuntersuchten, die eine Oberschenkel-

fraktur erlitten hatten, eine meist geringe Einschränkung von 10° - 20° im Knie- oder Hüftgelenk fest. Patienten mit Oberarmfrakturen zeigten nur in 9 % Einschränkungen im Schulter- oder Ellbogengelenk. In einem Fall war dabei allerdings die Elevation im Ellbogengelenk auf Grund des erlittenen supracondylären Oberarmbruches um 40° vermindert.

Wir versuchten klinisch und röntgenologisch die Frage zu beantworten, ob sich ein überschiessendes Längenwachstum auch auf die distal gelegenen Röhrenknochen überträgt. Nachdem die klinischen Längenmessungen zu fast 95 % mit den röntgenologischen übereinstimmten, werteten wir nur letztere statistisch aus, da hier die Meßfehlerbreite geringer ist. Dabei stellten wir in allen Fällen (Femur, Tibia, Fibula und Metatarsus III, und Humerus, Radius, Ulna und Metacarpus III) eine Verlängerung der frakturierten als auch der distal gelegenen Knochen von wenigen Millimetern gegenüber der gesunden Seite fest. Statistisch konnte diese Längenwachstumszunahme nicht gesichert werden.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei Beurteilung des Knochenalters. Nach der carpometrischen Bestimmung wurden die Meßergebnisse von 122 Handwurzelpaaren ausgewertet. Der Seitenvergleich ge-

sunde Seite zu frakturierter Seite ergab sowohl bei Oberschenkelfrakturen als auch bei Oberarmfrakturen ein Größenplus der Carpalia der frakturierten Seite. Jedoch konnte auch hier keinerlei Signifikanz nachgewiesen werden.

In der effektiven Längenzunahme nach Frakturen des Femur oder des Humerus besteht kein sicherer Unterschied, obwohl bei Oberschenkelfrakturen in Einzelfällen bei Beginn der Bruchheilung Verkürzungen bestanden. Der frakturierte Knochen versucht im Regelfalle einen Längenausgleich mit dem gesunden Röhrenknochen der anderen Seite zu schaffen. Das nach Abschluß der Knochenheilung meßbare überschießende Längenwachstum der frakturierten Knochen und vor allem der distal davon gelegenen Knochen ist unerheblich. Da wir dieses überschießende Wachstum in den meisten Fällen vernachlässigen können, bringt eine möglichst ideale Reposition der Frakturen langer Röhrenknochen die besten Endergebnisse. Den Ausschlag für das Resultat der Knochenheilung gibt nicht das Ausmaß der belassenen Verkürzung nach einer Fraktur, sondern die Qualität der Heilung. Diese ist optimal bei ideal reponierten Frakturen. Im Gegensatz zu EHALT, RETTIG, VONTOBEL u. a. treten wir für eine möglichst ideale Frakturreposition ein.

Mein ganz besonderer Dank gebührt Herrn Priv.Doz.Dr. H. POMPINO für ein in jeder Weise großzügiges Entgegenkommen und das Interesse, das er der Durchführung der Arbeit entgegenbrachte.

Gleichzeitig möchte ich Herrn Dr. H. FENDEL für die Hilfe bei Durchführung des Röntgenologischen Teils der Arbeit danken.

L I T E R A T U R

1. AITKEN , A. P. Overgrowth of the femoral shaft following fractures in children. Amer. J. Surg. 49 : 147 (1940)

2. AVELLAN , W. Über Fracturen des unteren Humerusendes bei Kindern. Acta chir. scand. Suppl. 27 : 73 (1933)

3. BARFORD , B. Fractures of the femoral shaft in children with spezial reference to subsequent overgrowth. Acta chir. scand. 116 : 235 (1959)

4. BAUMANN , E. Die Behandlung von Oberarmbrüchen mittels Vertikalextension. Bruns Beitr. klin. Chir. 152 : 320 - 355 (1931)

5. BECK , E. Brüche des radialen Oberarmcondyles bei Kindern Arch. orthop. Unfall-Chir. 60 : 340 - 356 (1966)

6. BEEKMANN , F. SULLIVAN , J. Some observations on fractures of long bones in children. Amer. J. Surg. 51 : 722 - 728 (1941)

7. BERGMANN , E. Der Anteil der einzelnen Wachstumszonen am Längenwachstum der Knochen. Deutsch. Z. Chir. 213 : 303 (1929)

8. BLOCK , W Die percutane Drahtfixierung des Ellbogens. Mschr. Unfallheilk. 55 : 289 (1952)

9. BLOMQUIST , E. RUDSTROEM , P. Über Femurfrakturen bei Kindern unter besonderer Berücksichtigung des gesteigerten Längenwachstums. Arch. chir. scand. 88 : 267 (1943)

10. BLOUNT , W. P. Knochenbrüche bei Kindern Übs. von K. H. Müller Stuttgart Thieme - Verlag 1957

11. BLOUNT , W. P. CLARKE , G. R. Control of bone growth by epiphyseal stapling. A preliminary report. J. Bone Jt. Surg. 31 - A : 464 (1949)

12. BLOUNT , W. P. ZEILER , F. Control of bone length. J. Amer. med. Ass. 148 : 451 (1952)

13. BLOUNT , W. P. SCHAEFER , A. A. Fractures of the femur in children. Sth. med. J. 37 : 481 (1944)

14. BOEHLER , J. 151 Marknagelungen des Oberschenkels. Mschr. Unfallheilk. (Beiheft) 46 (1953)

Die Operationsindikation kindlicher Frakturen.
Med. Welt (Stuttg.) 1957 1207 - 1229.

Offene oder gedeckte Marknagelung des Oberschenkels.
Z. Orthop. Beiheft 91 : 473 (1959).

Brüche des Oberschenkelknochens.
Handbuch der gesamten Unfallheilkunde. Hrsg.: Bürkle de la Camp und M.Schwaiger. 3. Aufl. Band 3 Stuttg. Enke-Verlag 1965

15. BOEHLER , L. Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 12 - 13 Aufl. Band 1 und 2. Wien - Düsseldorf. Maudrichverlag 1953 - 1957.

16. BRODIN , H. Experimental studies of changed growth in the tibia of rabbits.
Acta orthop. scand. 26 : 319 (1957).

Longitudinal bone growth, the nutrition of the epiphyseal cartilages and the local blood supply.
Acta orthop. scand suppl. 20 (1955).

17. BRO - RASMUSSEN , F. Treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. Acta chir. scand. 116 : 134 - 143 (1959)

18. BUGYI , B. Röntgenologische Wachstumsuntersuchungen an der Hand ungarischer Knaben. Ärztl. Jugkde. 55 : 343 - 347 (1967)

19. BUCHNER , H. Die Knochenmessungen für die Chirurgie und Orthopädie. Ein röntgenologisches Problem. Chir. 30 : 454 (1959)

20. CHAPCHAL , G. Probleme des operativen Längenausgleichs bei Wachstumsstörungen der unteren Extremität. Berl. Med. 8 : 139 (1957)

21. CHIGOT , P. L. Croissance et traumatisme. Proc. 6 Congr. Soc. int. Chir. orthop.Traumat. Carcelone (1957)

22. CHIGOT , P. L. Estere , P. Traumatologie infantile. Paris (1958)

23. DAMERON , jr. T. B. Femoral-shaft fractures in
THOMSON , H. A. children.
J. Bone Jtr. Surg. 41 A 1201 (1959)

24. DAUM , R. Analyse und Spätergebnisse kindli-
METZGER , E. cher Femurschaftfrakturen.
KIRSCHNET , J. Arch. orthop. Unfall-Chir. 66 :
HECKER , W. Ch. 18 - 29 (1969).

25. DREY , L. Das Längenwachstum der langen Röhren-
knochen bei gewißen pathologischen
Zuständen.
Annales pädiatrici (Basel) 191 :
355 - 363 (1958)

26. EBERT , G. Der Einfluß verminderter Durchblutung
auf das Knochengewebe und die Hei-
lungsvorgänge am Knochen.
Bruns Beitr. klin. Chir. 209 : 246
(1964)

27. EDELHOFF , J. Die operative Stellung der Fraktu-
ren des distalen Humerusendes im
Kindesalter.
Bruns Beitr. klin. Chir. 188 : 3 (1954)

28. EHALT , W. Verletzungen bei Kindern und Jugend-
lichen.
Stuttg. Enke-Verlag 1961

Wie unterscheiden sich die Knochenbrüche bei Kindern von denen der Erwachsenen.
Langenbecks Arch. klin. Chir. 289 : 3291 (1958)

29. EKESPARRE , W. Die Behandlung der supracondylären Humerusfraktur im Kindesalter.
Mschr. Unfallheilk. 61 : 308 - 316 (1958)

30. EMNEUS , H. Stimulation of growth in lenth after humerus fractures in children.
Acta. orthop. scand 26 : 324 (1957)

31. FLACH , A.
KUDLICH , H. Das Längenwachstum des Röhrenknochens nach Schaftfrakturen an der unteren Extremität bei Kindern und Jugendlichen.
Zb. Chir. 87 : 21145 (1962)

32. FENDEL , H.
FLACH , A.
GEISBE , H. Knochenverlängerungen und andere Wachstumsveränderungen nach Frakturen der oberen bzw. unteren Extremität.
Z. Kinderchir. 1 S. 58 (1967)

33. FORGON , M. Percutane Drahtfixierung der supracondylären Oberarmbrüche der Kinder.
Arch. orthop. Unfallchir. 46 : 338 (1954)

34. FORSSMANN , W. Frakturenbehandlung im Kindesalter. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304 : 617 (1963)

35. GEBHARDT , K.
GEBAUER , E. Die Anzeigestellung bei der Behandlung der kindlichen Oberschenkelfrakturen. Langenbecks Arch. klin. Chir. 187 : 652 (1937)

36. GEISER , M. Zur Pathophysiologie der Frakturheilung. Arch. orthop. Unfall-Chir. 51 : 201 (1959)

37. GREVILLE , N.
IVIUS , J. C. Fractures of the femur in children An analysis of their effect on the subsequent length of both bones of the lover limb. Amer. J. Surg. 93 : 376 (1957)

38. GREVILLE , N.
JAMES , J. M. An experimental study fo overgrowth after fractures. Surg. Gynec. Obstet. 105 : 717 (1957)

39. GRUMBACH , A. Das Handskelett im Lichte der Röntgenstrahlen. Wien und Leipzig: W. Braumiller-Verlag 1921

40. HAACK , K. Zur Behandlung der Oberschenkelfrakturen im Kindesalter. Langenbecks Arch. klin. Chir. 296 : 448 (1960)

41. HACKETHAL , K. H. Volloperative geschloßene Femurreposition und percutane Markraumschienung bei Kindern. Langenbecks Arch. klin. Chir. 304 : 621 (1963)

42. HAGEN , R. Zur Behandlung der supracondylären Humerusfraktur beim Kind. Chirurg. 39 : 414 (1968)

43. HEDBERG , E. Femoral fractures in children. Acta. Chir. scand. 90 : 573 (1944)

44. HENRY , A. N. Overgrowth after femoral shaft fractures in children. J. Bone Jt. Sarg. 45-B: 222 (1963)

45. v. d. HOFF 100 unkomplizierte supracondyläre Humerusfrakturen. Acta chir. scand. Stockholm 88 : 99 - 111 (1943)

46. HUTCHINSON , W. J. BURDEAUX , B. S. The influence of stasis on bone growth Surg. Gynec. Obstet. 99 : 413 (1954)

47. JAHNA , H. Erfahrungen mit einer ungefährlichen konservativen Behandlungsmethode bei 73 stark verschobenen kindlichen supracondylären Oberarmbrüchen. Arch. orthop. Unfall-Chir. 50 : 537 - 575 (1959)

48. JEFFERY , C. C. Fracture separation of the upper humeral epiphysis. Surg. Gynec. Obstet. 96 : 205 (1953)

49. JONASCH , E. Die geschlossenen Brüche des Oberschenkelschaftes bei Kindern. Chir. Praxis 3 : 421 (1959)

50. JUNGE , E. Spätbefunde bei Marknagelungen am wachsenden Knochen. Mschr. Unfallheilk. (Beiheft) 40 : 51 (1951)

51. KARITZKY , B. Zur Marknagelung von Frakturen der langen Röhrenknochen. Zb. Chir. 77 : 148 (1952)

52. KASTRUP , H. Zur Marknagelung im Kindesalter. Mschr. Unfallheilk. 53 : 13 (1950)

53. KOEKENBERG , L. J. Vascularisation in the healing of fractures J. int. coll. Surg. 38 : 341 (1962)

54. KREBS , A.
STREICHER , H.
Frakturen bei Neugeborenen und Kindern
Arch. orthop. Unfall-Chir. 52 : 413 - 437 (1960)

55. KUNER , E.
WEILER , S.
SIMON , G.
Der Oberschenkel-Mahrfragmentenbruch im Schaftbereich.
Dtsch. Med. Wschr. 94 : 645 (1969)

56. v. LANGENBECK , B.
Verstärktes Längenwachstum der Knochen nach Brüchen.
Berl. klin. Wschr. Band 6 : 265 (1869)

57. LIEBOLDT , L.
Comments on the influence of growth on the sequelae of bone and joint injuries. 7 éme congrès SICOT, Barcelona 1957

58. LIESS , G.
Die Nebenkernbildung bei der normalen und gestörten Epiphysenossification.
Fortschr. Röstr. 80,2

59. MARESH , M. M.
Linear growth of long bones of extremities from infancy through adolescence.
Amer. J. Dis. Child. 80 : 725 (1955)

60. MATTI , H. Knochenbrüche und ihre Behandlung.
Berlin: Springer Verlag 1918
Zur Behandlung der supracondylären Humerusfraktur.
Chirurg. 9 : 41 (1937)

61. MAU , C. Comments of the influence of growth on the sequelae of bone and joint injuries.
7 ème congrès SICOT, Barcelona 1957

62. MEYER , A. Fehler und Gefahren der operativen Knochenbruchbehandlung.
Med. Klin. 8 : 320 (1963)

63. MOLL , H. Knochenalter und Entwicklungsbeurteilung.
Gesundheitsfürsorge 11 : 93 (1961)
Radiologische Handskelett-Diagnostik.
Fortschr. Med. 82 : 300 (1964)

64. MORKOS , N. Konservative Behandlung der supracondylären Humerusfraktur im Kindesalter mit dem Brount'schen Verband.
Zbl. Chir. 565 - 569 (1969)

65. MORSCHER , E.
TAILLARD , W. Beinlängenunterschiede.
Basel - Now York. Karger-Verlag 1965

66. NAVER , E. Fractures corporis femoris hos born. Ügeskr. Laeg. 113 : 778 (1951) Zit. b. BARFORD u. a.

67. NEER , C. S. CARDMAN , F. Treatment of fractures of the femoral shaft in children. J. Amer. med. Ass. 163 : 634 (1957)

68. NIEMANN , W. GREWE , A. Frakturen mit Wachstumsstörungen. Bruns Beitr. klin. Chir. 212 : 185 - 205 (1966)

69. ODELL , R. T. LEYDIG , S. M. The conservative treatment of fractures in children. Surg. Gynec. Obstet 92 : 69 (1951)

70. OLLIER , L. Traite experimental et clinique de la regeneration des os et de la production artefinille du tissu osseux.

71. PAUWELLS , F. Über die Bedeutung der Bauprinzipien des Stütz- und Bewegungsapparates für die Beanspruchung der Röhrenknochen. Acta anat. 12 : 207 Basel 1951

72. PEASE , C. N. Fractures of the femur in children. Surg. Chir. N. Amer. 37 : 213 (1957) Local stimulation of growth of larg bones. J. Bone Jt. Surg. 34-A 1 (1952)

73. PERSON , M. Zur Behandlungstechnik supracondylärer Humerusfrakturen. Chirurg. 10 : 650 (1938)

74. POESCHL , M. Wachstum an abgesprengten Epiphysen und Knochenstückchen. Fortschr. Röstr. 87 6 : 756

75. PFANZAGL , M. Allgemeine Methodenlehre der Statistik. Band I und II Springer-Verlag 1959

76. REHBEIN , F. HOFMANN , S. Knochenverletzungen im Kindesalter. Langenbeck's Arch. klin. Chir. 304 : 539 (1963)

77. RETTIG , H. Frakturen im Kindesalter München Bergmann-Verlag 1957

78. RICHARD , V. STOFFER , R. The stimulation of bone growth by internal heating. Surgery 46 : 84 (1959)

79. RUSSEL , R. H. Fractures of the femur. A clinical study Brit. J. Surg. 11 : 491 (1924)

80. SANDAA , E. Orthoröntgenographic measurements of long bones. Acta orthop. scand. 22 : 76 (1952)

81. SCHÄFFER , W. Epiphysenbohrung bei Längenwachstumsstörungen.
Wien. med. Wschr. 854 - 855 (1951)

82. SCHENK , K. H. Der Femurschaftbruch beim Kind (Spätergebnisse).
Langenbeck's Arch. klin. Chir.
286 : 144 (1957)

83. SCHMID , F. Norm und Variationsbreite der Handwurzelkernentwicklung.
Fortschr. Röstr. 1948 S. 646

84. SCHMID , F.
HOMMA , N.
HOFFMANN , E. Zusammenhänge zwischen Handwurzelknochen und Körperlänge.
Fortschr. Röstr. 88 S. 447

85. SCHMID , F.
WEBER , G. Röntgendiagnostik im Kindesalter.
Bergmann-Verlag München 1955

86. SCHNEIDER , P. Supracondyläre Humerusfrakturen beim Kind und ihre Behandlungsmöglichkeiten.
Ther. Umschau 26 : 136 (1969)

87. SCHNEIDER , T. Spätergebnisse nach Kuntscher-Nagelung an jugendlichen Knochen.
Ärztl. Wschr. 5 : 846 (1950)

88. SCHÜTTEMEYER , W.
FLACH , A. Die Behandlung kindlicher Frakturen der unteren Extremität und ihre Heilungsergebnisse.
Mschr. Unfallheilk. 53 : 4 (1950)

89. SCHULTE - BRINKMANN , A. Vergleichende Untersuchungen zur linearen und planimetrierten Messung von Handwurzelknochen. Fortschr. Röntr. 104 : 253 - 259 (1966)

90. SCHUMPELIK , W. Über Abrisse des Epicondylus medialis humeri. Arch. orthop. Unfall-Chir. 45 : 203 (1952)

91. SCHWEIBERER , L. HOFMEIER , G. Oberschenkelschaftbrüche im Kindesalter. Z. Kinderchir. 5 : 435 (1968)

92. SEGMUELLER , G. ALLGOEWER , W. Realität und Relativität der primären Knochenheilung. Chirurg. 36 : 504 (1965)

93. SENFT , A. Die Gefahren der Fettembolie bei der Marknagelung nach Küntscher. Zbl. Chir. 75 : 339 (1950)

94. SEYSS , R. Zur Verknöcherung des proximalen Femurkopfepiphysenkernes. Fortschr. Röntr. Heft 6 (1967)

95. SEYFARTH , H. Zur Therapie der Frakturen im Kleinkindesalter. Zbl. Chir. 83 : 72 - 82 (1958)

96. SIMON , H. Die Extensionsfrakturen des unteren Humerusendes im Kindesalter und ihre Behandlungsergebnisse. Arch. orthop. Unfall-Chir. 49 : 150 - 168 (1957)

97. SINGER , H.
KRAFT , W. Das übermäßige Wachstum der langen Röhrenknochen im Kindesalter. Münch. med. Wschr. 103 : 1421 (1961)

98. STEINERT , V. Unterarmfrakturen im Kindesalter. Bruns Beitr. klin. Chir. 212 : 170 (1966)

99. TITZE , A. Untere Gliedmaßen. In: W. Ehalt. Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen. Stuttgart Enke-Verlag 1961
Epiphysenwachstumsstörungen durch Extensionsdrähte und -nägel. Arch. orthop. Unfall-Chir. 59 : 392 (1957)

100. TODD , T. W. Atlas of Skeletal Maturation. Mosby, St. Louis 1937

101. TODD , T. W.
PAYNE , W.
GREULICH , W. Radiographic Atlas of Skeletal Development of the hand and wrist. Stanford Univ. Press. Stanford/ California 1950

102. TRUESDELL , E. D. Inequality of the lover extremities following fractures of the shaft of the femur in children. Amer. Surg. 74 : 498 (1921)

103. TRUETT , J. The normal vasular anatomy of the human femoral head during growth. J. Bone Jt. Surg. 39-B : 358 (1957)

104. TUPMANN , G. S. A study of bone growth in normal children and its relation to sceletal maturation. J. Bone J. Surg. 44-B : 42 (1962)

105. TURRETTINI , F. Fractures de la diaphyse fémorale chezl'efant. Rev. orthop. 33 : 328 (1947)

106. VILLMAR , W. Zur percutanen Drahtfixierung supracondylärer Humerusfrakturen im Kindesalter. Mschr. Unfallheilk. 61 : 315 (1958)

107. VIEHWEGER , G. Zum Problem der Deutung der knöchernen Gebilde distal des Epicondylus medialis humeri. Fortschr. Röstr. 86/5 : 643

108. VONTOBEL , V.
GENTON , N.
SCHMID , R. Die Spätprognose der kindlichen dislocierten Femurschaftfraktur. Helv. Chir. Acta 28 : 655 (1961)

109. VOGT , T.
VIRCHERS ,
Das Auftreten der secundären Ossificationszentren an der Hand.
Radiology 31 : 441 (1938)

110. WEBER , B. G.
Inwieweit sind isolierte extreme Torsionsvarianten der unteren Extremitäten aufzufassen und welche klinische Bedeutung kommt ihnen zu?
Z. Orthop. 94 : 287 (1961)

Zur Behandlung kindlicher Femurschaftbrüche.
Arch. orthop. Unfall-Chir. 54 : 713 (1963)

111. WEISS , J. W.
GREGL , A.
Knochenwachstumsstörungen nach Röntgen- und Radiumbestrahlung von Hämangionen im Kindesalter.
Bruns Beitr. klin. Chir. 203 : 28 (1961)

L E B E N S L A U F

Am 05. Februar 1945 wurde ich als Sohn des Kaufmannes Hans Kronast und dessen Ehefrau Charlotte, geb. Preu, in Rosenheim/Obb. geboren.

In Rosenheim besuchte ich die Volksschule, trat 1955 an das Ignaz-Günther-Gymnasium Rosenheim über, an dem ich 1964 das Abitur bestand.

Von 1964 bis 1966 leistete ich meinen Wehrdienst und wurde im September 1966 als Leutnant d. Res. entlassen.

Im Wintersemester 1966/67 studierte ich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München Medizin. Im Frühjahr 1968 legte ich das Vorphysikum, im Frühjahr 1969 das Physikum ab. Nach weiteren sechs Semestern Studium in München lege ich von März bis Juni 1972 die ärztliche Prüfung ab.

Mit der Anfertigung vorliegender Dissertation war ich von Herbst 1969 bis Juli 1972 beschäftigt.